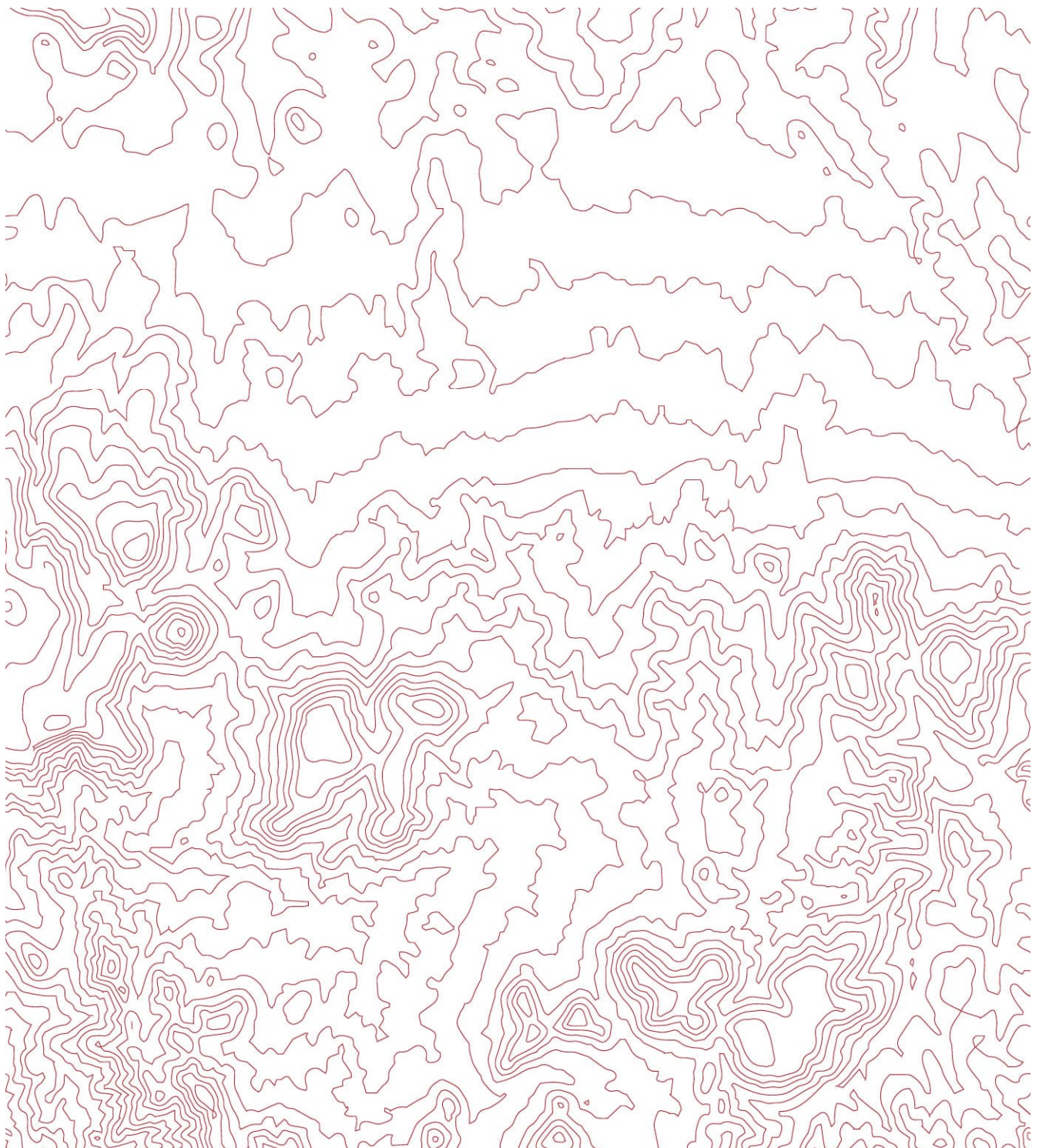


Wasserdargebot und Wasserbedarf Luzerner Landwirtschaft zu Bewässerungszwecken

Grundlagenbericht vom 13.6.2023



Projektteam

Veronica Bozzini
Christina Dübendorfer
Simon Spycher

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11
8032 Zürich
Schweiz
Telefon +41 44 395 16 16
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Begleitgruppe Kanton LU

Dienststelle Umwelt + Energie, Abt. Gewässer und Boden, W. Göggel,
M. Kunz, Ph. Arnold, M. Haas
Dienststelle Landwirtschaft und Wald, Abt. Landwirtschaft, Th. Meyer
Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement, Klima, Ronja Bohnenblust

13. Juni 2023
KtLU_Wasserdargebot+bedarf_20230613.docx
Projektnummer: 222281.00

Inhaltsverzeichnis

1.	Zielsetzung und Einbettung	4
1.1	Ausgangslage und Ziele	4
1.2	Übersicht Luzerner Wasserwirtschaft	5

2.	Situationsanalyse Wasserdargebot	6
2.1	Übersicht Wasserressourcen und aktuelle Bewirtschaftung	6
2.2	Grundlagen und Vorgehen	8
2.3	Einzugsgebiet Baldeggersee	11
2.4	Einzugsgebiet Sempachersee	17
2.5	Einzugsgebiet Wigger	22
2.6	Einzugsgebiet Reuss	28
2.7	Einzugsgebiet Kleine Emme	34
2.8	Einordnung und Häufigkeit Trockenjahre	40
2.9	Fazit Wasserdargebot	42

3.	Situationsanalyse Wasserbedarf Landwirtschaft	44
3.1	Übersicht heutige Landwirtschaft	44
3.2	Grundlagen zum Wasserbedarf	45
3.3	Abschätzung Wasserbedarf	50
3.4	Fazit Wasserbedarf Landwirtschaft	54

4.	Schlussfolgerungen und Lösungsansätze	55
----	---------------------------------------	----

1. Zielsetzung und Einbettung

1.1 Ausgangslage und Ziele

Der Klimawandel stellt den Kanton Luzern vor grosse Herausforderungen. Der Planungsbericht «Klima- und Energiepolitik 2021»¹ zeigt auf, wie der Kanton Luzern in den kommenden Jahren die Anpassung an das sich verändernde Klima anpackt und den Klimaschutz mit dem Ziel netto null Treibhausgasemissionen bis 2050 vorantreiben will. Für die relevanten Handlungsfelder beschreibt der Planungsbericht Risiken und Chancen des Klimawandels und führt Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel bzw. zum Schutz des Klimas auf. Grundlage für die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels im Kanton Luzern bilden sowohl für den Planungsbericht «Klima- und Energiepolitik 2021» wie für den vorliegenden Bericht die Klimaszenarien CH2018². Gemäss diesen Klimaszenarien werden Trockenperioden in der Schweiz mit dem Klimawandel länger und häufiger auftreten. Diese Trockenperioden können zu lokaler Wasserknappheit und vermehrten Konflikten um die Nutzung des Wassers führen. Den aktuellen Stand der Wassernutzung und Wasserversorgung im Kanton Luzern und die künftigen Herausforderungen, die sich insbesondere durch den Klimawandel ergeben, hat die Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) in einem Bericht³ dokumentiert, der die Basis für das Handlungsfeld Wasserwirtschaft des Planungsberichts «Klima und Energiepolitik 2021» bildet.

Das Wasserdargebot im Kanton Luzern weist grosse regionale Unterschiede auf. Während in gewissen Regionen Reserven für die künftige Nutzung zur Verfügung stehen, sind im Seetal und in der Region Sursee-Mittelland nur wenig ergiebige Grundwasservorkommen vorhanden. In diesen Regionen kann in anhaltenden Trockenperioden die Versorgung von Bevölkerung und Wirtschaft mit Wasser problematisch sein. Der fortschreitende Klimawandel wird diese Situation voraussichtlich verschärfen, weshalb mit vermehrten sommerlichen Wasserdefiziten gerechnet werden muss.

Dies gilt auch für die Versorgung von landwirtschaftlichen Betrieben mit Trink-, Brauch- und Bewässerungswasser. Bereits heute steht in andauernden Trockenperioden nur sehr eingeschränkt Wasser für die Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen zur Verfügung. Der vorliegende Bericht gibt eine Übersicht über das heute vorhandene Wasserdargebot und die voraussichtliche Entwicklung des Wasserdargebots in der Zukunft unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien. Das Wasserdargebot wird sodann dem landwirtschaftlichen Wasserbedarf mit Fokus auf den Bedarf für Bewässerung gegenübergestellt. Dabei werden landwirtschaftliche Entwicklungen berücksichtigt, namentlich ein Ausbau von Spezialkulturen. Mit dem Projekt «Offensive Spezialkulturen» (2023), wird das Potenzial von Spezialkulturen

1 https://newsletter.lu.ch/files/SK/Mitteilungen%202021/10_Okt/20211018_B87.pdf

2 <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien.html>

3 https://uwe.lu.ch/-/media/UWE/Dokumente/Themen/Gewaesser/Wassernutzung_Wasserversorgung_Kanton_LU_aktueller_Stand.pdf

und Spezialitätenackerbau im Kanton Luzern aufgezeigt. Ziel ist es, Einkommensalternativen zur tierintensiven Landwirtschaft zu identifizieren, eine Massnahme, die der kantonalen Klimastrategie entspricht.

Es besteht ein Bedarf nach Grundlagen, auf denen der Kanton Rahmenbedingungen für die Erteilung von Bewilligungen und Konzessionen für landwirtschaftliche Nutzungen festlegen und abstützen kann. Der vorliegende Grundlagenbericht nimmt dazu eine Analyse zu den Wasserressourcen und zum Wasserbedarf vor und zeigt Handlungsmöglichkeiten auf, mit denen die Wassernutzung der Landwirtschaft, insbesondere im Bereich der Bewässerung, den Herausforderungen des Klimawandels begegnen kann.

1.2 Übersicht Luzerner Wasserwirtschaft

Über die öffentlichen Wasservorkommen verfügt der Kanton. Er erteilt Nutzungsrechte in Form von Konzessionen oder Bewilligungen für die öffentlichen Grundwasservorkommen oder Oberflächengewässer. Bei der Vergabe von Nutzungsrechten hat die Versorgung mit Trinkwasser Vorrang. Der Kanton erarbeitet Grundlagen für die Wassernutzung und koordiniert die Nutzung und übergeordnete Verteilung des Wassers⁴.

Die Gemeinden planen und betreiben die Wasserversorgung auf ihrem Gebiet. Sie berücksichtigen dabei auch die Trinkwasserversorgung in Mangellagen, beispielsweise bei Wasserknappheit in anhaltenden Trockenperioden. Der Versorgungsauftrag der Gemeinden umfasst die Abgabe von Wasser für Trink-, Brauch- und Löschwasser in genügender Menge und Qualität primär innerhalb der Bauzone. Die Versorgung ausserhalb der Bauzone kann vorgesehen werden, soweit dies mit verhältnismässigem Aufwand möglich ist. Die Gemeinde kann die Wasserversorgung selbst betreiben, sie muss finanziell selbsttragend sein. Sie kann auch an einen öffentlich- oder privatrechtlich organisierten Versorgungsträger übertragen werden. Der Versorgungsauftrag ist in diesem Fall zwischen Gemeinde und Versorgungsträger mittels Vertrag zu regeln.

Die Gemeinden stimmen ihre Wasserversorgungsplanungen übergeordnet aufeinander ab, soweit eine regionale Koordination notwendig und zweckmässig ist. Diese Aufgabe wird von den vier Regionalen Entwicklungsträgern (RET) im Kanton wahrgenommen. Sie erstellen periodisch die regionalen Wasserversorgungsplanungen und stützen diese als regionale Richtpläne politisch ab. Den Richtplänen Wasserversorgung kommt für die künftige Sicherstellung der Wasserversorgung gerade auch in Mangellagen wie Trockenperioden auf regionaler und überregionaler Stufe zunehmende Bedeutung zu.

Ausserhalb der Bauzone hat die Versorgung mit Trink- und Brauchwasser durch die Privaten zu erfolgen. Teilweise bestehen auch Genossenschaften als gemeinschaftliche landwirtschaftliche Wasserversorgungen, welche die Versorgung mit Trink-, Brauch- und Löschwasser sichern. Gemeinschaftliche Wasserversorgungsprojekte ausserhalb der Bauzone werden in der Regel mit Bundes- und Kantonsbeiträgen inklusive Gebäudeversicherung

4 Wassernutzungs- und Wasserversorgungsgesetz des Kantons Luzern (WNVG, SRL Nr. 770)

(Brandschutz) unterstützt. Im Jahr 2021 waren rund 48% der Luzerner Landwirtschaftsbetriebe an eine gemeinschaftliche Wasserversorgung angeschlossen.

Die Abgabe von Wasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung aus der öffentlichen Versorgung liegt im Ermessen der örtlichen Wasserversorgungen. Oft wird dies wegen dem hohen Bedarf in andauernden Trockenperioden mit ohnehin erhöhtem Verbrauch der öffentlichen Versorgung nur ganz eingeschränkt zugelassen. Die Volumina der Trinkwasserreservoirs der öffentlichen Versorgung sind nicht auf diese hohen Wasserabgaben für landwirtschaftliche Bewässerung ausgelegt.

2. Situationsanalyse Wasserdargebot

In diesem Kapitel wird das heutige und zukünftige Wasserdargebot untersucht. Für die fünf hydrologischen Haupteinzugsgebiete werden die Messdaten mit Fokus auf Trockenjahre und Niedrigwasserverhältnisse ausgewertet und anhand von hydrologischen Szenarien die erwarteten Veränderungen aufgezeigt.

2.1 Übersicht Wasserressourcen und aktuelle Bewirtschaftung

2.1.1 Charakterisierung der Einzugsgebiete

Das Gebiet des Kantons Luzern wird für den vorliegenden Bericht in die fünf Einzugsgebiete Baldeggersee (inkl. Einzugsgebiet Aabach), Sempachersee (inkl. Einzugsgebiet Suhre), Wigger, Reuss und Kleine Emme unterteilt. Mit der Lage des Kantons im Übergang von den Voralpen zum Mittelland weisen die Einzugsgebiete z.T. deutlich unterschiedliche Eigenschaften bezüglich der Wasserressourcen auf. Die wichtigsten Eigenschaften sind:

- Die Reuss hat ein grosses, alpines und voralpines Einzugsgebiet. Das Abflussregime der Luzerner Reuss wird gedämpft durch den Vierwaldstättersee und dessen Seeregulierung. Der Grundwasserträger des Luzerner Reusstales wird stark über Flusswasserinfiltration aus der Reuss alimentiert, bei Hochwassersituationen auch aus der Kleinen Emme bzw. dem Grundwasserzufluss aus dem Tal der Kleinen Emme.
- Die Kleine Emme hat ein voralpines Einzugsgebiet ohne Rückhalt eines Sees. Ihr Abflussregime ist stark durch den Niederschlag geprägt, mit hohen, kurzen Abflussspitzen abwechselnd mit langer, tiefer Niederwasserführung. Der Grundwasserträger im Unterlauf der Kleinen Emme zwischen Malters und Emmenbrücke wird stark durch die Kleine Emme alimentiert.
- Die Luther-Wigger kommt aus dem eher niederschlagsreichen Napfgebiet und hat ebenfalls keinen Rückhalt eines Sees. Die Wigger weist hohe, kurze Abflussspitzen auf, abwechselnd mit langer, tiefer Niederwasserführung. Die Wigger hat im Unteren Wiggertal (Schötz bis Kantonsgrenze zum Aargau) einen grossen Abstand zum Grundwasserträger und beeinflusst den Grundwasserspiegel nicht massgeblich.

- Das Seetal (Baldeggersee) und das Surental (Sempachersee) haben ihr Einzugsgebiet im Mittelland, die Zuflüsse der beiden Seen sind eher klein mit geringer Wasserführung. Das Abflussregime der Seeabflüsse Suhre bei Sursee und Aabach bei Hitzkirch sind durch Seeretention eher träge (kaum Hochwasserspitzen, eher hohe Niederwasserführung). Der Sempachersee wird zusätzlich leicht reguliert (Hochhalten des Seepegels in den Frühlingsmonaten in geringem Umfang). Die Grundwasservorkommen in den beiden Regionen werden wenig durch Talflüsse alimentiert, vor allem über Seitenbäche und Niederschläge.
- Das Wynental ist ein eher kleines Einzugsgebiet ohne Seeretention und ohne grosse nutzbare Talgrundwasservorkommen. Es wird im vorliegenden Bericht nicht weiter betrachtet.

2.1.2 Umgang mit den Wasserressourcen

Erteilung von Nutzungsrechten

Wasserentnahmen aus öffentlichen Grundwasservorkommen und Oberflächengewässern sind über meist langfristige Konzessionen geregelt:

- Konzessionen für die Wassernutzung zur öffentlichen Trink- und Brauchwasserversorgung sind aus Grundwasservorkommen sowie den Seen (Vierwaldstättersee und Sempachersee) vergeben. Die Versorgung mit Trinkwasser hat bei der Verteilung von Nutzungsrechten gegenüber anderen Interessen Vorrang. Daneben bestehen auch Grundwasserkonzessionen für die Brauchwassernutzung von Industrie- und Gewerbebetrieben sowie von Landwirtschaftsbetrieben.
- Konzessionen zur thermischen Nutzung (Heizen und Kühlen von Gebäuden) sind aus Grundwasservorkommen und aus den Seen sowie Seeabflüssen (Vierwaldstättersee/Reuss, Sempachersee) erteilt. Diese verändern das Wasserdargebot nicht, da das thermisch genutzte Wasser jeweils wieder ins Grundwasser bzw. in die Oberflächengewässer zurückgegeben wird.
- Bewilligungen für Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern werden für verschiedene Brauchwasserzwecke jeweils für beschränkte Laufzeit vergeben (Bewässerung, Kieswaschen, Pumpwagenunternehmen zur Strassenreinigung usw.).

Regulierung der Seen

Der Vierwaldstättersee und die Mittellandseen Sempacher-Baldegger-Hallwilersee sind neben den Grundwasservorkommen die grössten Wasserspeicher im Kanton Luzern. Über die Seeregulierungen (Vierwaldstättersee, Sempachersee) sind die Speichervolumina beeinflussbar. Eine Erhöhung der Wasserspeicherung über die Seeregulierung mit Höherstau ist aber vor allem am Sempachersee mit hohem Konfliktpotential zwischen Hochwasserschutz für seenahe Gebäude, Naturschutz mit Flachmooren von nationaler Bedeutung an Uferparzellen von Sursee und Oberkirch, sowie den Interessen der Wasserwirtschaft verbunden. Zudem wird mit einer Seeregulierung auch der Wasserhaushalt des Seeauslaufes und der damit verbundenen Grundwasservorkommen mit beeinflusst (siehe Kap. 2.4).

Der Baldeggersee ist dahingehend speziell, da er als Privatgewässer mit Eigentümerin ProNatura gilt. Wasserentnahmen setzen die Zustimmung der Eigentümerin des Privatgewässers voraus.

Einstellung der Wasserentnahmen bei ausserordentlicher Trockenheit

Für die Einstellung der Wasserentnahmen aus den Oberflächengewässern bei ausserordentlichen Trockenheiten sorgt der Kanton Luzern vor, indem eine entschädigungslose Einstellung in den Bewilligungen ausdrücklich vorbehalten ist. In den Trockenjahren 2018 und 2022 mussten die Wasserentnahmen ab Mitte Juli vorübergehend gesperrt werden. Die Praxis ist wie folgt:

- Die Einstellungen der Entnahmen erfolgen aufgrund der an Messstellen gemessenen Abflüsse in Fliessgewässern bzw. Seepiegel. Massgebend ist die Unterschreitung der Abflussmenge Q347⁵ bzw. des Pegelstands P347 an den Mittellandseen. Q347 ist die in der Schweiz am häufigsten verwendete Niedrigwasserkenngrosse und wird im Zusammenhang mit der Bewilligung von Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern für die Bestimmung der Restwassermengen im Gewässerschutzgesetz verwendet.
- Die Einstellung der Wasserentnahmen an den Grenzgewässern wird mit dem Unterliegerkanton Aargau abgestimmt. Oft erfolgen die Einstellungen der Wasserentnahmen an den Mittellandseen und an deren Ausflüssen verzögert, da die Seen und deren Abflüsse aufgrund der Speicherwirkung die Niederwasserschwellen zeitlich verzögert unterschreiten.
- Nicht gesperrt werden bisher Wasserentnahmen aus dem Vierwaldstättersee und aus der Reuss mit deren grundwassergeprägten Seitenbächen, da diese in den Sommermonaten Werte deutlich über dem Niederwasserabfluss resp. -pegel aufweisen.
- Die Sperrungen werden polizeilich überprüft und werden bei ansteigenden Abflüssen oder Seepiegeln meist erst in den Herbstmonaten wieder aufgehoben.

2.2 Grundlagen und Vorgehen

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die fünf untersuchten Einzugsgebiete Baldeggersee, Sempachersee, Wigger, Reuss und Kleine Emme und die verwendeten hydrologischen Grundlagen.

5 Abflussmenge, die, gemittelt über zehn Jahre, durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und die durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser nicht wesentlich beeinflusst ist (Art. 4 Gewässerschutzgesetz). Q347 kann auch für andere Zeiträume ausgewertet werden: im vorliegenden Bericht wird eine 30-Jahr-Periode betrachtet.

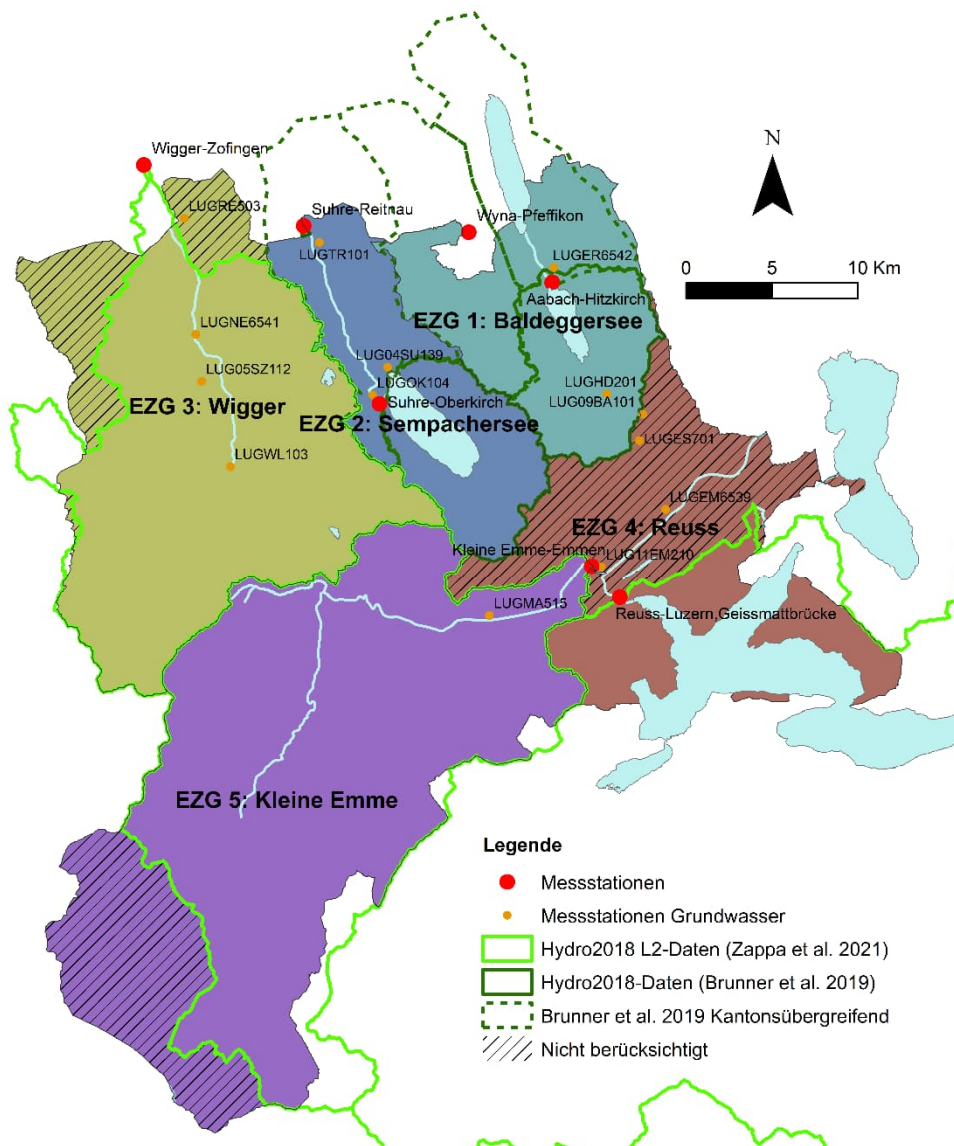


Abbildung 1 Hydrologische Einzugsgebiete, Lage der Messstationen der Oberflächengewässer sowie des Grundwassers und räumliche Abdeckung der hydrologischen Szenarien

Im folgenden Kapitel werden die hydrologischen Grundlagen sowie wichtige Eckpunkte der vorgenommenen Auswertungen beschrieben.

2.2.1 Messdaten Oberflächengewässer und Grundwasser

Als Referenzperiode wurde die aktuellste 30-Jahr-Periode mit Vorliegen von geprüften hydrologischen Daten gewählt. Entsprechend wurde die Referenzperiode von 1989-2018 festgelegt. Während der Bearbeitung zeigte sich, dass das Jahr 2022 ein sehr trockenes Jahr mit teilweise neuen Extremwerten wird. In einigen Analysen werden darum zusätzlich die Messwerte von 2022 dargestellt.

Die folgende Tabelle zeigt die benutzten Messdaten. Beim Grundwasser wurden möglichst repräsentative und zuverlässige Messstationen ausgewählt. Es wurden Tagesmittel des Zeitraums 1.1.1989-31.12.2018 sowie 1.1.2022-31.12.2022 ausgewertet, wobei die neusten Daten teilweise noch unvollständig oder provisorisch waren.

Einzugsgebiet	Oberflächengewässer	Grundwasser
Baldeggersee	Aabach: Hitzkirch, Richensee, CHPQ2416 (BAFU)	LUGES701 Eschenbach Obstgarten LUG09BA101 Ballwil Kantonsstrasse LUGER6542 Ermensee Chilchfeld LUGHD201 PW5 Arena Hochdorf
Sempachersee	Suhre: Oberkirch, CHPQ2417 (BAFU) Suhre: Reitnau (Kt. AG)	LUG04SU139 Sursee PW Hofstetterfeld LUGOK104 PW Unterhof Oberkirch LUGTR101 PW Schäracker Triengen
Wigger	Wigger: Wigger-Zofingen CHPQ2450 (BAFU)	LUGRE503 Reiden Unterdorf LUGNE6541 Nebikon Winkel LUG05SZ112 Schötz Feld LUGWL103 PW Grundmatt Willisau
Reuss	Reuss Seeausfluss: Luzern Geissmattbrücke, CHPQ2152 (BAFU)	LUGEM6539 Emmen Täschlerhüslweiher
Kleine Emme	Kleine Emme: Emmen, CHPQ2634 (BAFU)	LUG11EM210 Emmenbrücke Marienbrunnen LUGMA515 Malters Brunauerboden

Tabelle 1: Übersicht Messstationen. Für das Grundwasser erfolgte die Zuordnung zu den Einzugsgebieten nicht nach räumlicher Lage, sondern gemäss ihrer Interaktion mit den Fliessgewässern (Station Emmenbrücke Marienbrunnen) bzw. gemäss ihrer im Kanton üblichen regionalen Zuordnung (Station Eschenbach Obstgarten)

2.2.2 Klimatische und hydrologische Szenarien

Übersicht Grundlagen

Die wichtigste Grundlage für die Analyse des zukünftigen Wasserdargebots bilden die hydrologischen Szenarien, welche die Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) im Rahmen des Bundesprojekts Hydro-CH2018 für 307 Schweizer Einzugsgebiete als tagesscharfe Abflussdaten berechnet hat (Brunner M. et al. 2019). Für die Einzugsgebiete Wigger, Reuss und Kleine Emme liegen auch neuere, optimierte Berechnungen vor (Zappa M. et al., 2021).

Beide Sets von hydrologischen Szenarien beruhen auf den Schweizer Klimaszenarien CH2018. Diese bilden verschiedene Emissionsszenarien zwischen «Konsequenter Klimaschutz» (RCP2.6) und «Kein globaler Klimaschutz» (RCP8.5) ab. Analog zum Planungsbericht Klima- und Energiepolitik 2021 werden die Auswertungen für diese beiden oberen und unteren Szenarien vorgenommen, um die Spannbreite der Szenarien abzudecken.

Eckpunkte zur Nutzung der Szenarien

Je nach Auswertung werden folgende Zeiträume betrachtet:

- Referenzperiode: bezieht sich analog zu den Messdaten auf den Zeitraum von 1989-2018
- Nahe Zukunft (2035): bezieht sich auf den Zeitraum von 2020–2049
- Mitte des Jahrhunderts (2060): bezieht sich auf den Zeitraum von 2045–2074

Die Klimaszenarien CH2018 bestehen aus sogenannten Modellketten, welche mit verschiedenen Modellen gerechnet wurden und deren Resultate für die verschiedenen Klimaparameter variieren. Entsprechend liegen auch die hydrologischen Szenarien als verschiedene Modellketten vor. Für das Szenario RCP2.6 sind es 8 verschiedene Modellketten, für das Szenario RCP8.5 deren 18. Für die Auswertungen werden pro Klimaszenario der Median als auch der Streubereich (5- und 95% Perzentilen) der Modellketten ermittelt. Die unterschiedliche Anzahl von Modellketten führt dazu, dass der Trend beim Szenario RCP2.6 mit nur 8 Modellketten unstabiler ist als beim Szenario RCP8.5 mit 18 Modellketten.

Die Hydroszenarien erlauben primär Aussagen zu den relativen Veränderungen und sollen nicht als absolute Werte dargestellt werden. Aus den Hydroszenarien werden darum Faktoren für die Veränderung von bestimmten Parametern zwischen der Referenzperiode und verschiedenen Zeithorizonten berechnet und anschliessend auf die Messwerte angewendet.

Plausibilisierung der hydrologischen Szenarien

Da für die Referenzperiode sowohl Messdaten als auch Prognosedaten vorliegen, konnten die beiden Grundlagen verglichen werden. Der Vergleich zeigt, dass die neueren, optimierten Berechnungen (Zappa M. et al., 2021) der Einzugsgebiete Reuss, Wigger und Kleine Emme gut mit den Messwerten übereinstimmen und darum für Prognoseaussagen benutzt werden können.

Für die beiden anderen Einzugsgebiete passen die beiden Grundlagen weniger gut. Für das Einzugsgebiet Baldeggersee ist die Schwankung der gemessenen Monatsabflüsse des Seeabflusses Aabach (Messstelle Aabach-Hitzkirch) kleiner als bei den modellierten Monatsabflüssen, weil vermutlich die dämpfende Wirkung der Seeretention beim Seeabfluss im Modell nicht richtig abgebildet wird. Da die Saisonalität der Prognoseabflüsse aber mit den Messwerten übereinstimmt, kann angenommen werden, dass die relativen Veränderungen im Jahresverlauf genügend gut abgebildet werden.

Im Einzugsgebiet Sempachersee stimmen die Prognosedaten nicht gut mit den Messwerten im Seeabfluss Suhre (Abflussmessstationen Suhre-Oberkirch und Suhre Reitnau) überein. Ein Grund dafür dürfte die dämpfende Wirkung des Sees auf den Seeabfluss sowie zusätzlich die leichte Regulierung des Sempachersees sein, die im Modell nicht dargestellt wird. Auf eine Auswertung der Szenarien von diesem Einzugsgebiet wird daher verzichtet.

2.3 Einzugsgebiet Baldeggersee

2.3.1 Abflussverhältnisse im Referenzzeitraum

Oberflächengewässer

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Messdaten der Station Aabach-Hitzkirch. Gezeigt wird die mittlere Jahresganglinie in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Abflüsse bewegen sowie die Jahresganglinien der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Ebenfalls dar-

gestellt wird der Niedrigwasserabfluss Q347 ($0.347 \text{ m}^3/\text{s}$) der Referenzperiode. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Abflusskurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

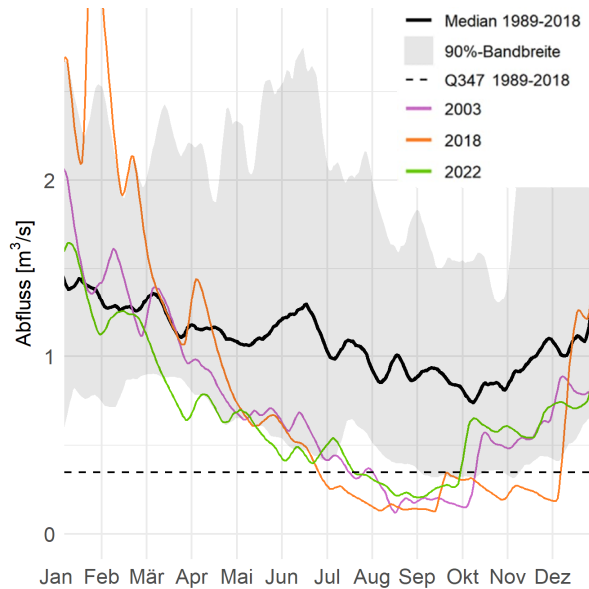


Abbildung 2 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in $[\text{m}^3/\text{s}]$, Messstation Aabach-Hitzkirch

Die von der Messstation Aabach-Hitzkirch aufgezeichnete Wasserführung lässt sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Der Aabach weist ein pluviales Abflussregime auf. Dieses ist geprägt durch den Jahresverlauf der Niederschläge und weist die höchsten Abflüsse im Winter und generell tiefere Abflüsse in den Sommer- bis Herbstmonaten (August bis Oktober) auf.
- In den dargestellten Trockenjahren ist die Jahresschwankung deutlich ausgeprägter als im langjährigen Mittel. Erwartungsgemäss liegen die Abflüsse der Trockenjahre über längere Zeit am unteren Ende oder ausserhalb der 90%-Bandbreite. Im Jahr 2018 war die Niedrigwasserphase (Unterschreitung von Q347) am ausgeprägtesten und dauerte 157 Tage von Ende Juni bis Anfang Dezember. Gemäss seiner Definition wird der Niedrigwasserabfluss Q347 durchschnittlich nur an 5% der Kalendertage unterschritten.

Grundwasser

Die Grundwasservorkommen im EZG Baldeggersee werden durch Daten der Messstationen Eschenbach-Obstgarten, Ballwil-Kantonsstrasse, Ermensee-Chilchfeld und Hochdorf-PW5 Arena repräsentiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt jeweils die mittlere Jahresganglinie des Grundwasserspiegels in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Werte bewegen sowie die Jahresganglinien der drei Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Kurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

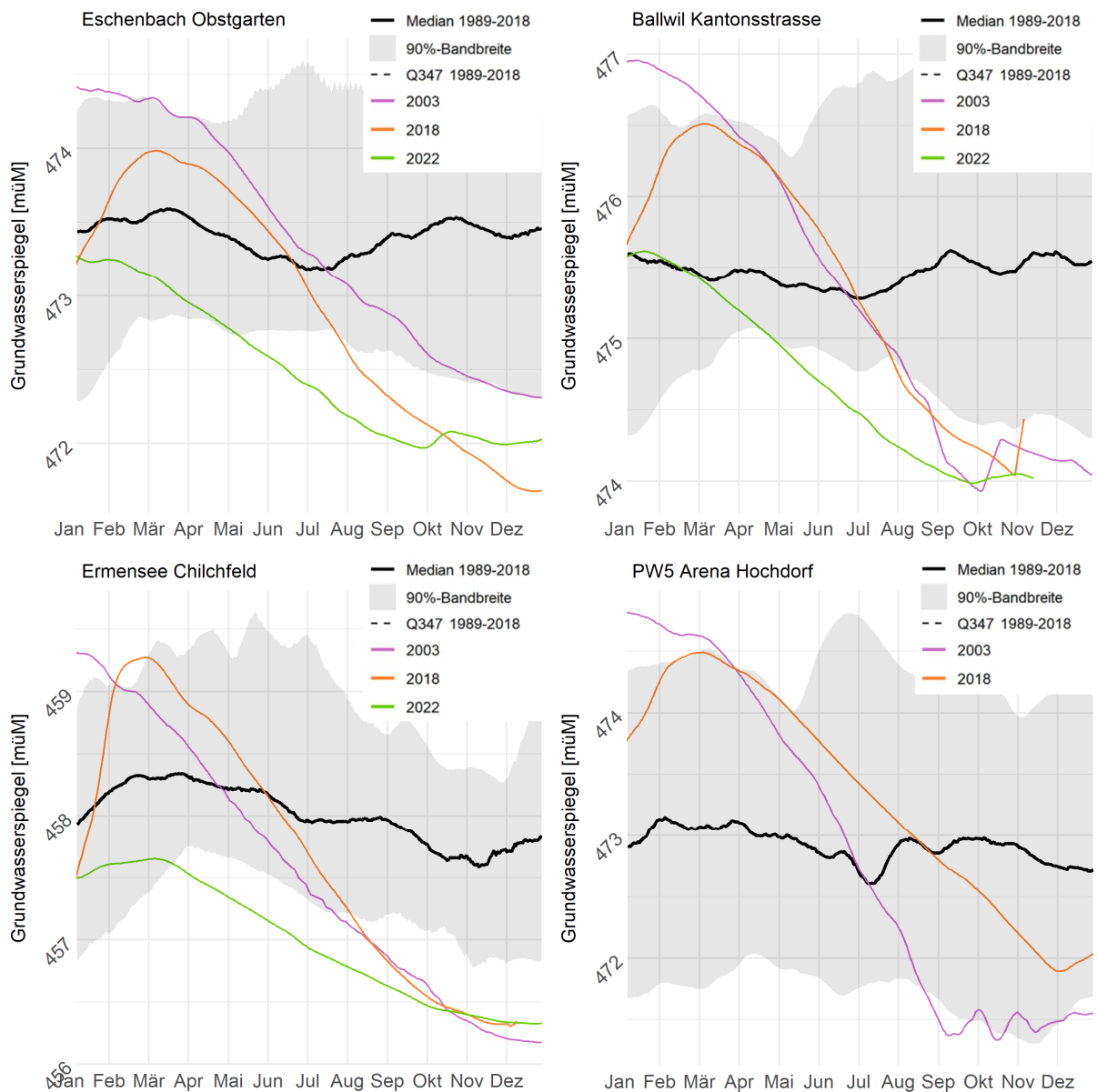


Abbildung 3 Wasserspiegel-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m.ü.M]

Die von den Messstationen aufgezeichneten Verläufe des Grundwasserspiegels lassen sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Im langjährigen Mittel zeigt sich bei allen vier Messstationen ein relativ ausgeglichener Jahresverlauf der Grundwasserstände. Die Stelle Ermensee-Chilchfeld zeigt einen Grundwassertiefstand eher im Spätherbst (Oktober-Dezember).
- Die Tiefstände in Jahren mit Sommertrockenheit treten teilweise erst verzögert im November bis Dezember oder erst im Folgejahr auf.
- Die Grundwasserpegel lagen im Trockenjahr 2022 schon in den Frühjahrsmonaten und damit wesentlich früher als in anderen Trockenjahren deutlich unter dem mittleren Grundwasserstand. Dies, obwohl das Vorjahr 2021 ein Jahr mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen vor allem in den Sommermonaten 2021 war.

- Alle betrachteten Grundwassermessstellen sind kaum von Oberflächengewässern beeinflusst und können sich darum bei eher kurzen Regenernissen nicht erholen.

2.3.2 Abflussverhältnisse in der Zukunft (Prognosen)

Die folgenden Abbildungen zeigen die prognostizierten Veränderungen der Abfluss-Jahresganglinien für zwei Klimaszenarien und zwei Zeiträume für die Abflussmessstation Aabach-Hitzkirch. Dargestellt sind die Monatsmittelwerte der Referenzperiode (30-Jahr-Mittel der Messdaten) sowie statistische Werte für die zukünftigen Monatsmittelwerte (30-Jahr-Mittel), welche aus den Hydroszenarien abgeleitet wurden. Die Diagramme zeigen die grundsätzliche langjährige mittlere Veränderung des Abflussregimes und bilden Extremjahre nicht ab.

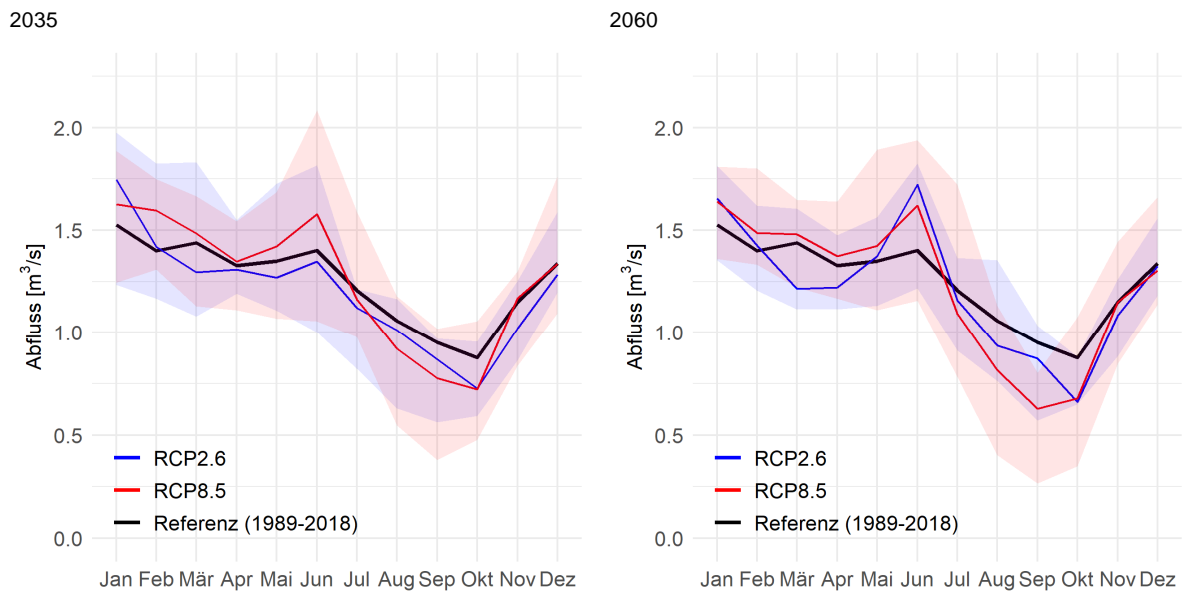


Abbildung 4 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie in der Zukunft mit (RCP2.6) und ohne (RCP8.5) Klimaschutz, links in der nahen (2020-2049) und rechts in der mittleren (2045-2074) Zukunft; Messstation Aabach-Hitzkirch

Die prognostizierten Veränderungen der Abfluss-Jahresganglinien lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Die Schwankung der mittleren Abflüsse im Jahresverlauf wird etwas stärker werden, mit sinkenden Abflüssen in den Sommermonaten Juli bis Oktober.
- Der zukünftig prognostizierte Abflusspeak im Juni dürfte aufgrund der Retention des Sees deutlich weniger ausgeprägt ausfallen als von den Modellen vorhergesagt.
- Der Streubereich der Modellketten (90%-Bandbreite) ist in den Sommermonaten generell hoch. Dies bedeutet, dass die Unsicherheit der Modelle in diesen Monaten hoch ist und der mittlere Abfluss deutlich abwei-

chen könnte vom dargestellten Median aller Modellketten. Die Abweichung in Richtung niedrige Abflüsse ist für RCP 8.5 in den Monaten August und September besonders ausgeprägt.

- Die Absenkung der mittleren Abflüsse in den Sommermonaten ist beim Szenario RCP8.5 deutlicher, vor allem im Zeithorizont 2060.

2.3.3 Heutige und zukünftige Niedrigwasserverhältnisse

Niedrigwasserabfluss Q347

In der nachfolgenden Abbildung wird die Veränderung des Niedrigabflusses Q347 in der Zeit dargestellt. Gezeigt wird die relative Veränderung des Q347 einer 30-Jahr-Periode gegenüber der Referenzperiode.

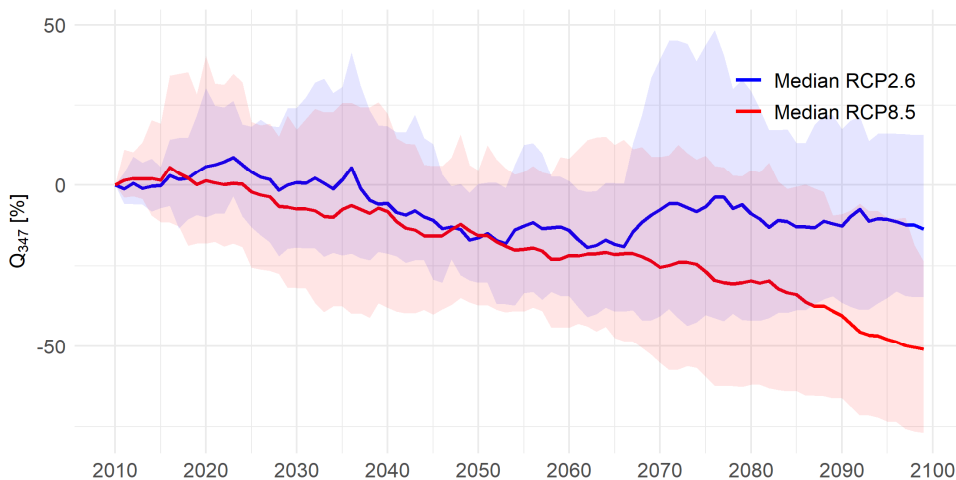


Abbildung 5 Entwicklung Niedrigwasserabfluss Q347 [%] ausgehend von der Referenzperiode 1989-2018 bis in die ferne Zukunft, Messstation Aabach-Hitzkirch

Die prognostizierte Veränderung des Niedrigwasserabflusses Q347 lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Mitte Jahrhundert ist für beide Szenarien ein Absinken der Niederwasserabflüsse um ca. 10%-25% prognostiziert. Kurzfristig ist nur beim Szenario RCP8.5 eine Absenkung um bis zu 10% erkennbar.
- Gegen Ende Jahrhundert gehen die Prognosen der beiden Szenarien deutlich auseinander mit 50% Abnahme bei RCP8.5 gegenüber weniger als 20% Abnahme bei RCP 2.6.

Häufigkeit Niedrigwasserabfluss im Jahresverlauf

In der nachfolgenden Abbildung wird ausgewertet, an welchen Kalendertagen der einzelnen Jahre der Referenzperiode der Niedrigwasserabfluss Q347 unterschritten wurde. In der untersten Zeile wird zusammenfassend die Häufigkeit der Unterschreitungen für jeden Kalendertag dargestellt.

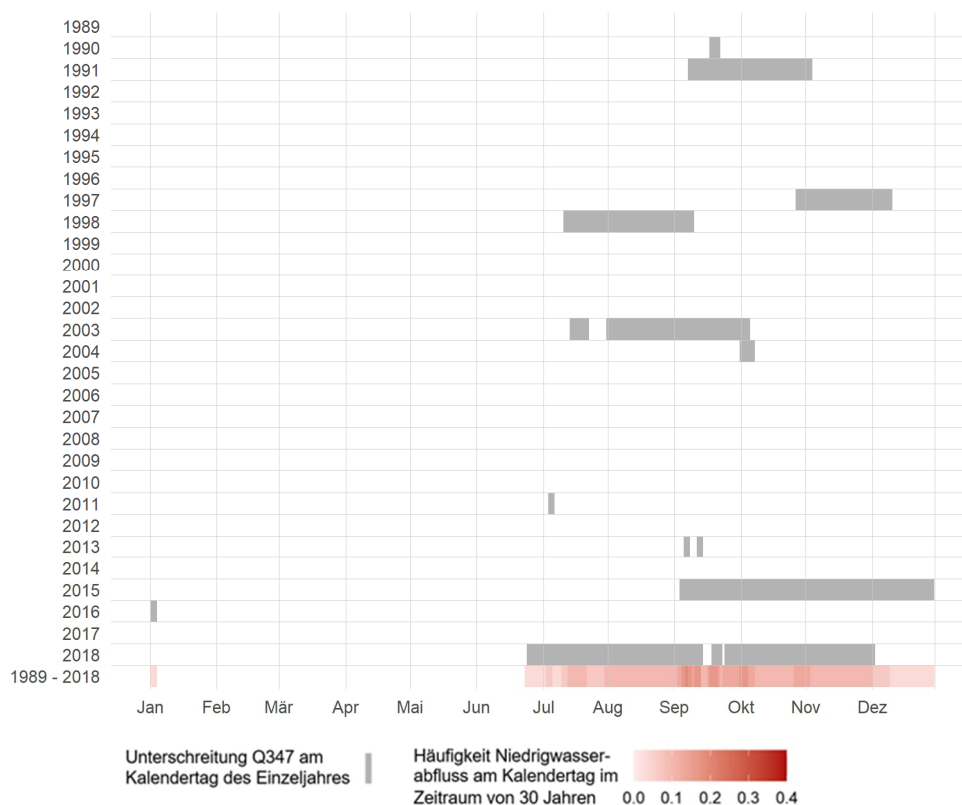


Abbildung 6 Kalenderstage mit Niedrigwasserabfluss im Referenzzeitraum 1989-2018 anhand der Messdaten der Messstation Aabach-Hitzkirch, pro Einzeljahr und als Häufigkeit über 30 Jahre

Die Abbildung zeigt folgendes Bild:

- Es ist keine klare Tendenz innerhalb der Referenzperiode ersichtlich. Es gibt Jahre mit häufigen Q347-Unterschreitungen und Jahre ohne Unterschreitungen. Jahre mit nur einzelnen Unterschreitungen kommen selten vor.
- Es zeigen sich kompakte, zusammenhängende Niedrigwasserphasen, vermutlich aufgrund der ausgleichenden Wirkung des Sees.

In der nachfolgenden Abbildung wird die Häufigkeit der Unterschreitungen des Niedrigwasserabflusses Q347 für jeden Kalendertag für die Modellwerte der Hydroszenarien ausgewertet. Für die Auswertung wird zuerst jede Modellkette des jeweiligen Klimaszenarios für einen Zeitraum von 30 Jahren separat gerechnet und anschliessend der Median gebildet. Die in den Abbildungen dargestellte Referenz entspricht den modellierten Werten im Referenzzeitraum (1989-2018) und weicht darum von den Messdaten ab. Zudem sind deswegen die Referenzwerte unterschiedlich in RCP2.6 und RCP8.5.

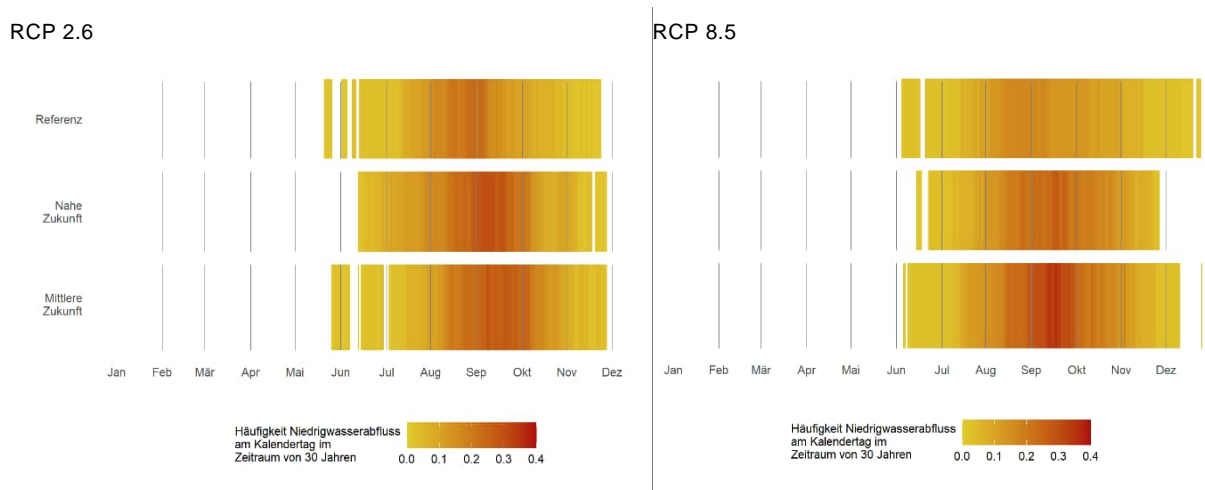


Abbildung 7 Häufigkeit Niedrigwasserabfluss pro Kalendertag (Median) im Zeitraum von 30 Jahren anhand der Modelldaten für das Klimaszenario RCP8.5 für den Referenzzeitraum (1989-2018), die nahe Zukunft (2020-2049) und die mittlere Zukunft (2045-2074)

Die Darstellungen zeigen folgendes Bild:

- Der Zeitraum mit Auftreten von Tagen mit Niedrigwasserabfluss bleibt sehr ähnlich und ist weiterhin ab Juni bis Ende Jahr zu erwarten.
- Tendenziell ist eine Zunahme der Häufigkeit von Niedrigwassertagen zu erkennen, verstärkt in der mittleren Zukunft und im Klimaszenario RCP8.5.

2.4 Einzugsgebiet Sempachersee

2.4.1 Abflussverhältnisse im Referenzzeitraum

Oberflächengewässer

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Messdaten der Stationen Suhre-Oberkirch und Suhre-Reitnau. Gezeigt wird die mittlere Jahresganglinie in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Abflüsse bewegen sowie die Jahresganglinien der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Ebenfalls dargestellt wird der Niedrigwasserabfluss Q347 (0.343 m³/s bei Oberkirch und 0.78 m³/s bei Reitnau) der Referenzperiode. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Abflusskurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

Die Suhre nimmt zwischen dem Seeauslauf (Station Oberkirch) und der Station Reitnau Zuflüsse aus Seitenbächen auf, wie auch wesentliche Mengen an Grundwasser, welches in die Suhre exfiltriert, was sich auch in der deutlich höheren Abflussmenge Q347 bei der Station Reitnau zeigt. Generell ist der Abfluss bei der Messstation Oberkirch unmittelbar bei Seeabfluss stärker durch die Retentionswirkung des Sempachersees gedämpft gegenüber der Station Reitnau.

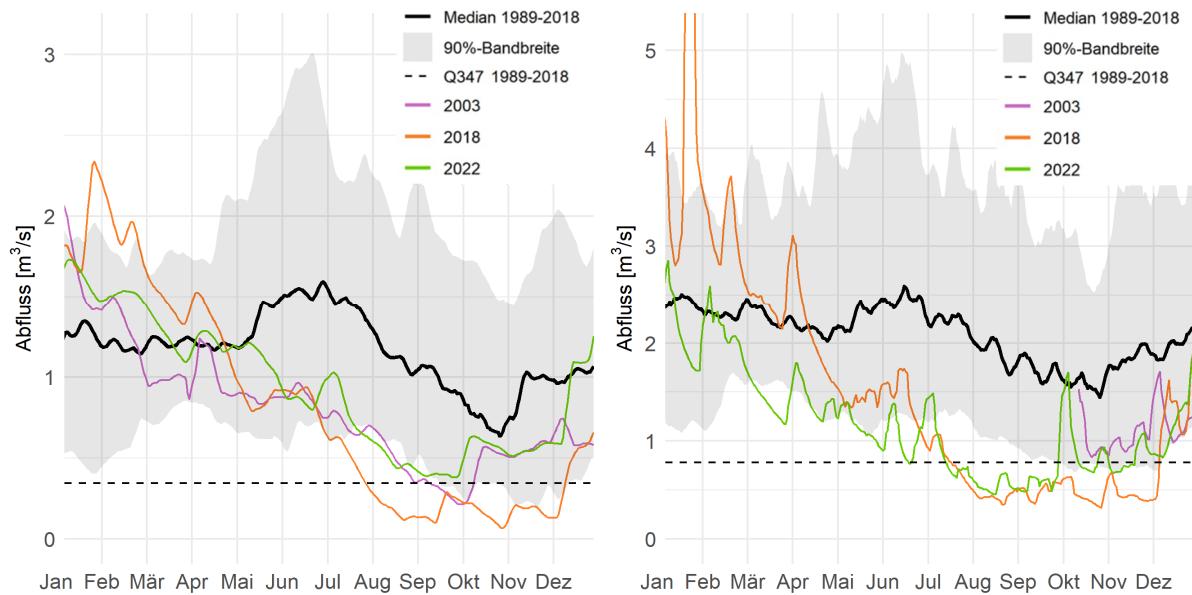


Abbildung 8 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m³/s], Messstationen Suhre-Oberkirch (links) und Suhre-Reitnau (rechts) (beachte unterschiedliches Mass Y-Achse)

Die von der Messstation Suhre aufgezeichnete Wasserführung lässt sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Die Messwerte zeigen einen atypischen Jahresverlauf für ein pluviales, also von Niederschlag geprägtes, Abflussregime. Dies wird vermutlich verursacht durch die Speicherwirkung des (leicht) regulierten Sempachersees (Suhre Oberkirch) sowie des Grundwasserzuflusses in der Suhre ab dem Surseewald (Suhre Reitnau). Die Seeregulierung beruht auf einem alten System mit Grundschwellen im Ausfluss, welche jeweils bis Fröhsommer eingesetzt bleiben und zu einem leichten Seerückstau führen. Dadurch sind die Abflüsse im Fröhsommer und Sommer erhöht und erreichen erst im Oktober bis November ihren Tiefststand.
- Bis zur Messstation Reitnau wird der Seeinfluss durch Grundwasserexfiltration und durch die Seitenbäche ausgeglichen. Die Wasserführung ist deutlich weniger konstant als beim Seeausfluss.
- Erwartungsgemäss liegen die Abflüsse der Trockenjahre über längere Zeit am unteren Ende oder ausserhalb der 90%-Bandbreite. Über längere Zeit fällt der Abfluss auch unter den langjährigen Niedrigwasserabfluss Q347, welcher in durchschnittlichen Jahren nur an 5% der Kalendertage unterschritten wird. Im Jahr 2018 war die Niedrigwasserphase am ausgeprägtesten und dauerte 130 Tage bei der Station Oberkirch und 134 Tage bei der Station Reitnau.

Grundwasser

Die Grundwasservorkommen im EZG Sempachersee werden durch die Messstationen Sursee-PW Hofstetterfeld, Oberkirch-Untertorf und Triengen-PW Schäracker repräsentiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt jeweils die mittlere Jahresganglinie des Grundwasserspiegels in der Referenzperiode

(Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Werte bewegen sowie die Jahresganglinien der drei Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Bei der Station Oberkirch-PW Unterhof sind die Grundwasserstandsdaten für das Jahr 2022 bei Abschluss des Berichtes noch nicht ausgewertet vorgelegen und fehlen in der Darstellung. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Kurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

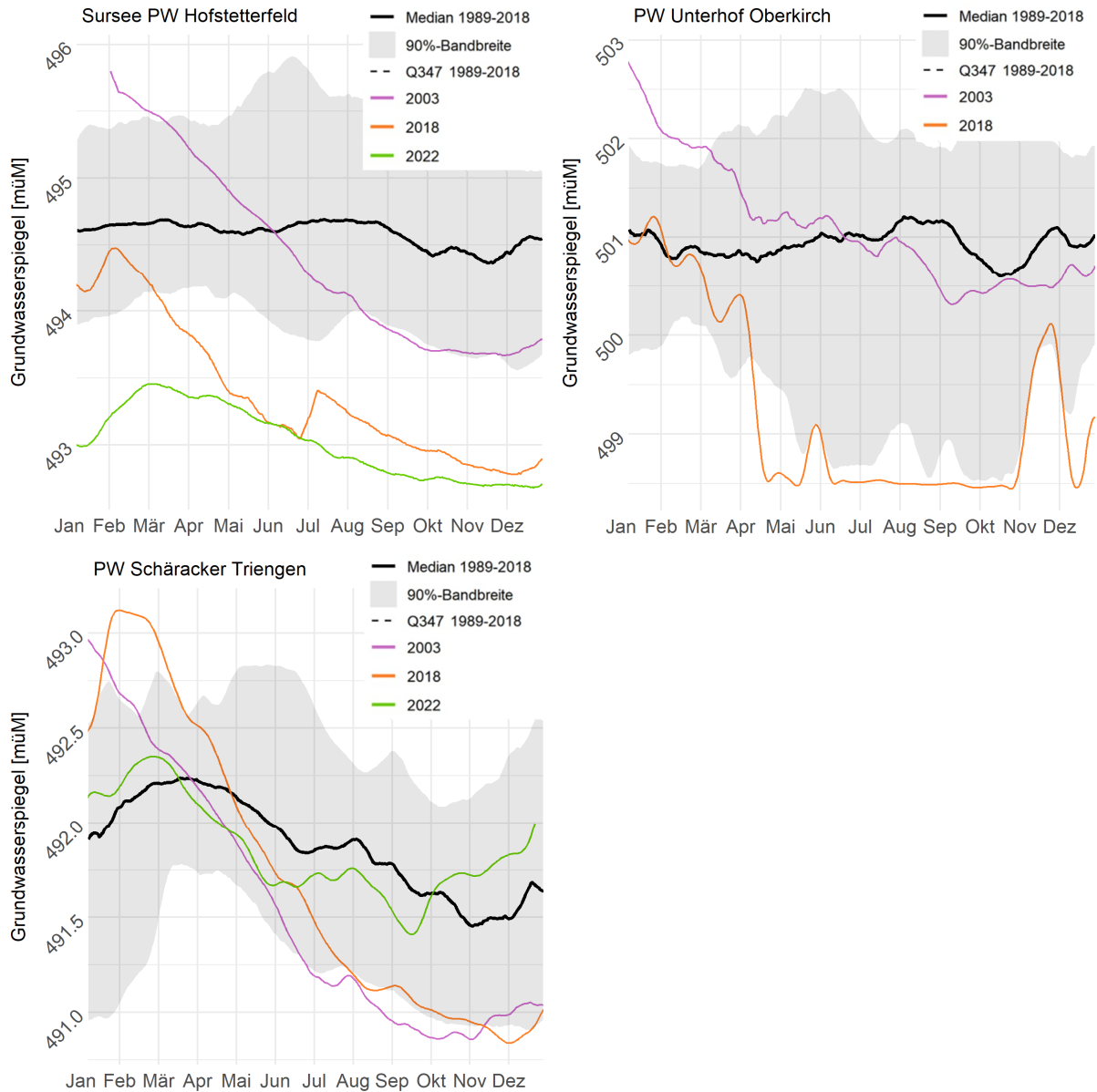


Abbildung 9 Wasserspiegel-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m.ü.M]

Die von den Messstationen aufgezeichneten Verläufe des Grundwasserspiegels lassen sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Im langjährigen Mittel zeigt sich je nach Messstation ein anderer Jahresverlauf der Grundwasserstände.
- In den Trockenjahren sind ausgeprägte Tiefstände zu beobachten. Diese treten teilweise erst im November bis Dezember oder erst im Folgejahr auf.

- Alle betrachteten Grundwassermessstellen sind kaum von Oberflächen-gewässern beeinflusst, was die ungenügende 'Erholung' der Grundwas-serstände trotz dem nassen Jahr 2021 miterklärt. Weiter steigen die ge-nutzten Wassermengen in trockenen Sommermonaten gegenüber den nassen Jahren an, was die Absenkung des Grundwasserpegels nochmals akzentuiert.

2.4.2 Abflussverhältnisse in der Zukunft (Prognosen)

Die Messwerte zeigen einen atypischen Jahresverlauf für ein pluviales, von Niederschlag geprägtes Abflussregime, vermutlich aufgrund der Speicher-wirkung des regulierten Sempachersees (Suhre Oberkirch) und der Wech-selwirkung mit dem Grundwasser (Suhre Reitnau, siehe oben). Die Modell-daten bilden diese Einflüsse nicht ab und weichen darum für das EZG Sem-pachersee substanziell ab von den Messwerten. Darum wird für die Suhre auf die Darstellung der Prognose-Diagramme verzichtet.

Aufgrund der prognostizierten klimatischen Veränderungen und der Progno-sen der benachbarten Einzugsgebiete können trotzdem gewisse Annahmen getroffen werden:

- Sinkende Abflüsse in den Sommermonaten Juli bis Oktober sind zu er-warten.
- Die Absenkung der mittleren Abflüsse in den Sommermonaten wird beim Szenario RCP8.5 deutlicher sein.

2.4.3 Heutige und zukünftige Niedrigwasserverhältnisse

Niedrigwasserabfluss Q347

Da die Modelldaten die Eigenheiten des Einzugsgebiets nicht abbilden kön-nen (siehe Kap. 2.4.2), wird auf eine Darstellung der Veränderung von Q347 in der Zeit verzichtet.

Analog zum Aabach (Abbildung 5) kann aufgrund der Ähnlichkeit der Ein-zugsgebiete auch im Einzugsgebiet Sempachersee ein tendenziell sinken-der Wert Q347 erwartet werden. Der Niedrigwasserabfluss wird jedoch be-reits heute durch die Seeregulierung beeinflusst oder könnte in Zukunft al-lenfalls auch noch aktiver beeinflusst werden.

Häufigkeit Niedrigwasserabfluss im Jahresverlauf

In der nachfolgenden Abbildung wird ausgewertet, an welchen Kalenderta-gen der einzelnen Jahre der Referenzperiode der Niedrigwasserabfluss Q347 unterschritten wurde. In der untersten Zeile wird zusammenfassend die Häufigkeit der Unterschreitungen für jeden Kalendertag dargestellt.

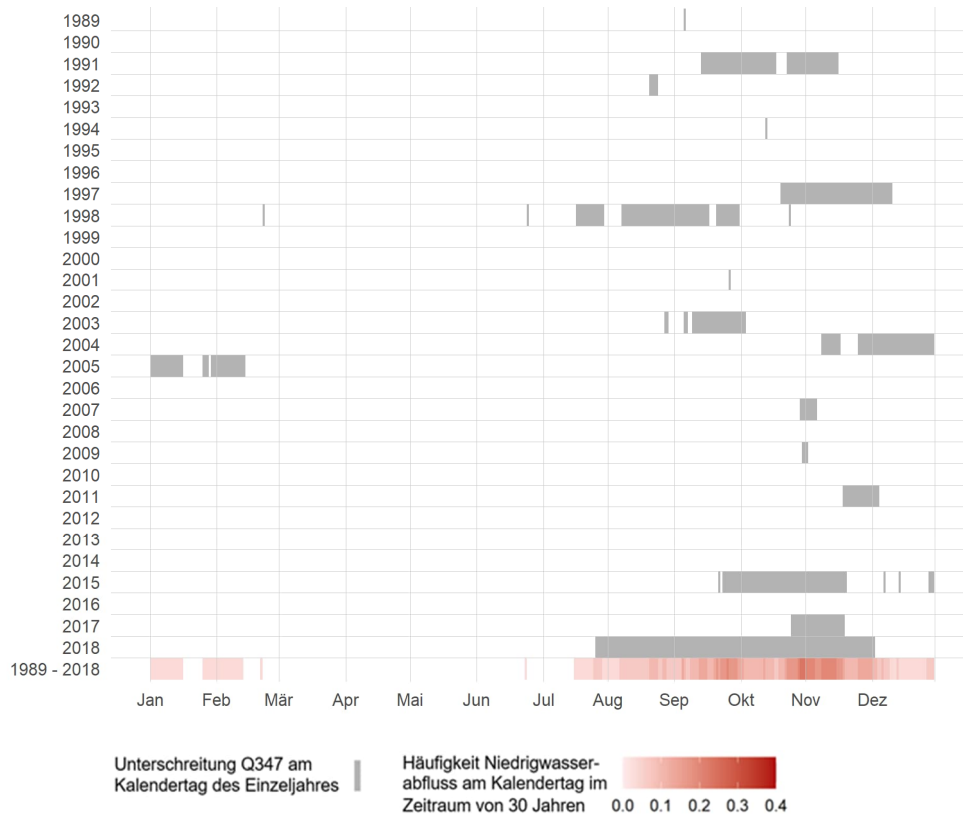


Abbildung 10 Kalendertage mit Niedrigwasserabfluss im Referenzzeitraum 1989-2018 anhand der Messdaten der Messstation Suhre-Oberkirch, pro Einzeljahr und als Häufigkeit über 30 Jahre

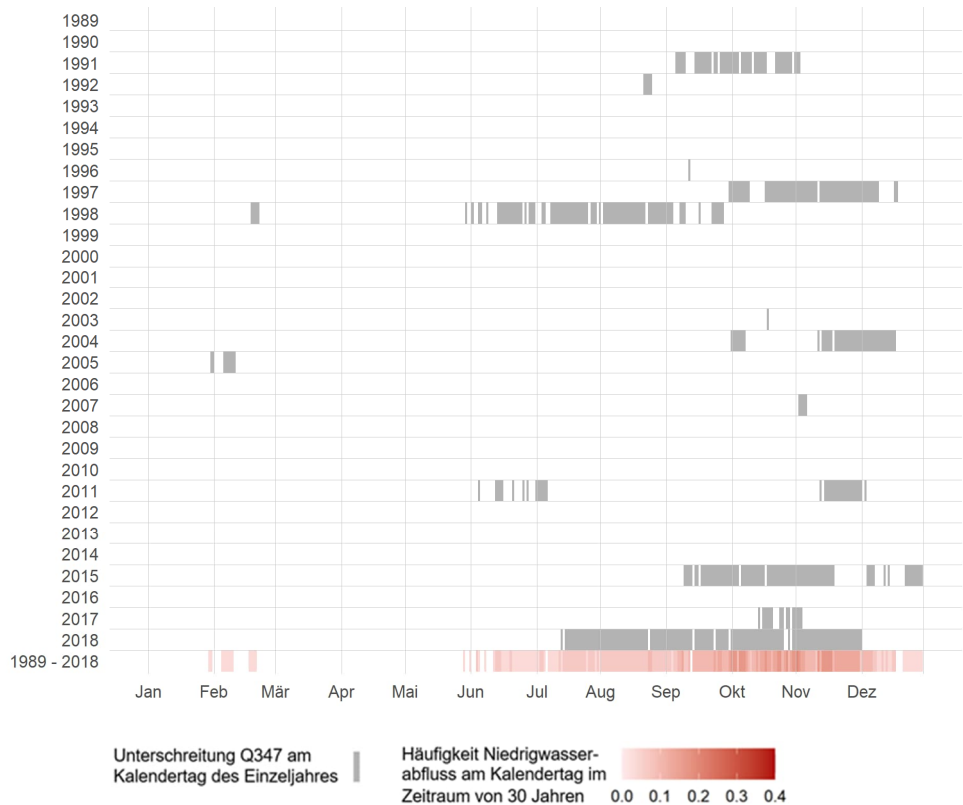


Abbildung 11 Kalendertage mit Niedrigwasserabfluss im Referenzzeitraum 1989-2018 anhand der Messdaten der Messstation Suhre-Reitnau, pro Einzeljahr und als Häufigkeit über 30 Jahre

Die Abbildungen zeigt folgendes Bild:

- Es ist keine klare Tendenz innerhalb der Referenzperiode ersichtlich. Es gibt Jahre mit häufigen Q347-Unterschreitungen und Jahre ohne Unterschreitungen. Jahre mit nur einzelnen Unterschreitungen kommen selten vor.
- Die Niedrigwasserphasen an der oberen Messstation sind kompakter, vermutlich aufgrund der ausgleichenden Wirkung des Sees. Teilweise zeigen die beiden Messstationen unterschiedliche Niedrigwasserphasen.

2.5 Einzugsgebiet Wigger

2.5.1 Abflussverhältnisse im Referenzzeitraum

Oberflächengewässer

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Messdaten der Station Wigger-Zofingen. Gezeigt wird die mittlere Jahresganglinie in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Abflüsse bewegen sowie die Jahresganglinien der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Ebenfalls dargestellt wird der Niedrigwasserabfluss Q347 (1.74 m³/s) der Referenzperiode. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Abflusskurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

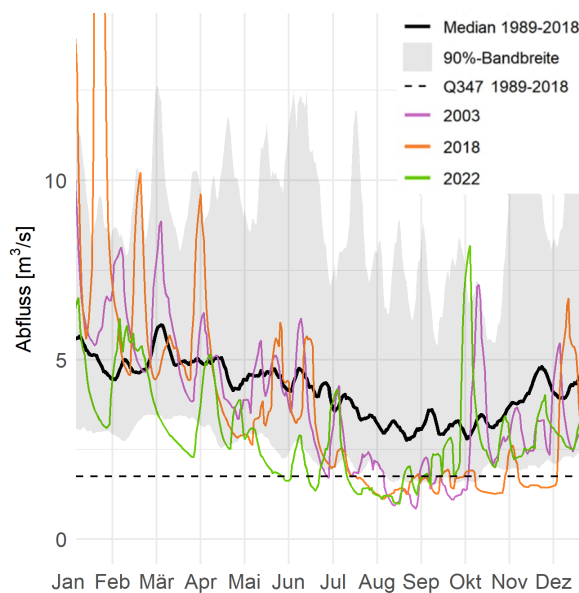


Abbildung 12 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m³/s], Messstation Wigger-Zofingen

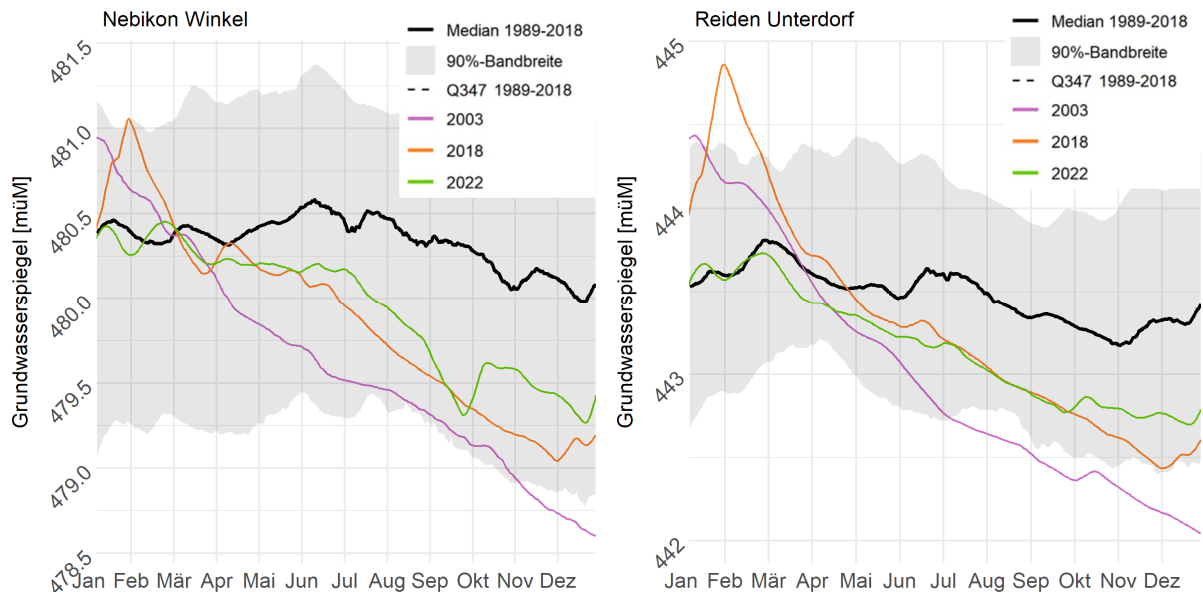
Die von der Messstation Wigger-Zofingen aufgezeichnete Wasserführung lässt sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Die Wigger zeigt ein typisches pluviales Abflussregime und weist entsprechend dem Jahresgang des Niederschlags im Spätsommer und Herbst (August-Oktober) die kleinsten Abflüsse auf.

- Die Wigger reagiert schnell auf Niederschläge, da es kaum Speicher im EZG gibt (keine Seen, kaum Moore).
- Erwartungsgemäss liegen die Abflüsse der Trockenjahre über längere Zeit am unteren Ende oder ausserhalb der 90%-Bandbreite. Über längere Zeit fällt der Abfluss auch unter den langjährigen Niedrigwasserabfluss Q347, welcher in durchschnittlichen Jahren nur an 5% der Kalendertage unterschritten wird. Im Jahr 2018 war die Niedrigwasserphase am ausgeprägtesten und dauerte 122 Tage zwischen Mitte Juli und Anfang Dezember.
- Im Jahr 2022 ist der Abfluss erstmals bereits im Juni unter Q347 gesunken. Die Sperrung wurde aber erst später angeordnet, als sich längerfristige Niedrigwasserabflüsse einstellten.

Grundwasser

Die Grundwasservorkommen im EZG Wigger werden durch die Messstationen Nebikon-Winkel, Reiden-Unterdorf, Schötz-Feld und Willisau-PW Grundmatt repräsentiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt jeweils die mittlere Jahresganglinie des Grundwasserspiegels in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Werte bewegen sowie die Jahressganglinien der drei Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Kurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.



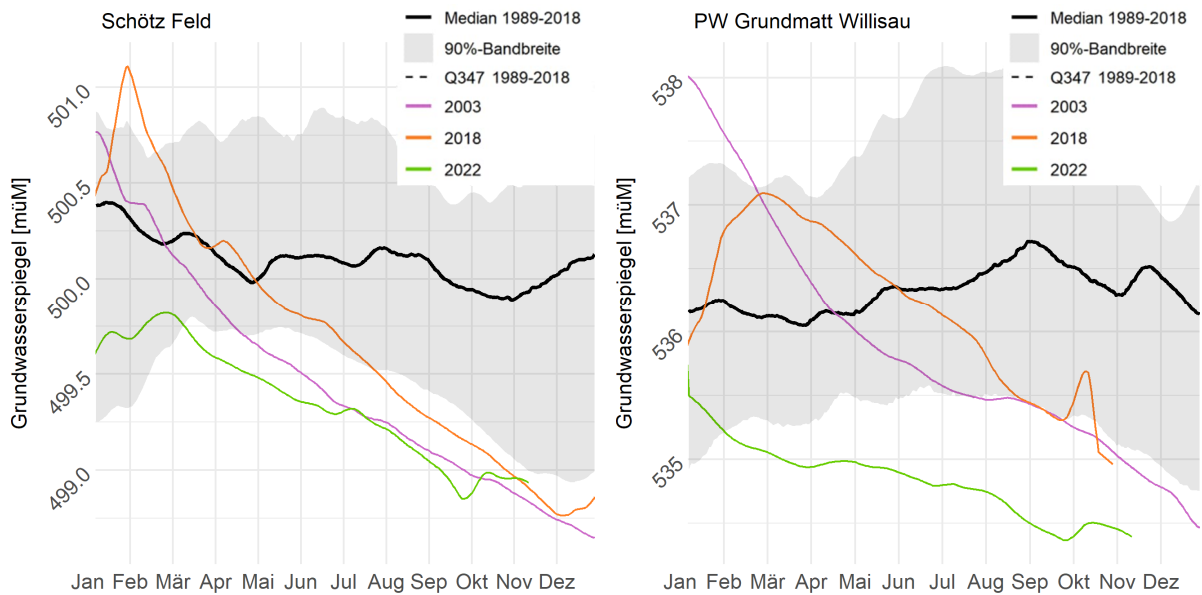


Abbildung 13 Wasserspiegel-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m.ü.M]

Die von den Messstationen aufgezeichneten Verläufe des Grundwasserspiegels lassen sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Im langjährigen Mittel zeigt sich je nach Messstation ein etwas anderer Jahresverlauf der Grundwasserstände.
- Auch die Trockenjahre zeigen etwas unterschiedliche Auswirkungen. Während bei der Station PW Grundmatt in Willisau das Jahr 2022 zu deutlichen Tiefstständen führte, zeigten die anderen Stationen im Jahr 2003 die tiefsten Grundwasserstände. Dabei fallen die Pegel der Stationen Nebikon-Winkel und Reiden-Unterdorf in Trockenjahren weniger deutlich unter der 90%-Bandbreite als bei den Stationen Schötz-Feld und Grundmatt-Willisau. Dies dürfte auf die unterschiedlich hohen Entnahmemengen und unterschiedlich hohe Infiltration von Flusswasser (Wigger und Luther) im Bereich der Messstellen zurückzuführen sein.
- Die betrachteten Grundwassermessstellen sind wesentlich von Oberflächengewässern beeinflusst. Sie erholen sich neben Alimentierung durch Niederschläge über Fluss- oder Bachwasserinfiltration.

2.5.2 Abflussverhältnisse in der Zukunft (Prognosen)

Die folgenden Abbildungen zeigen die prognostizierten Veränderungen der Abfluss-Jahresganglinien für zwei Klimaszenarien und zwei Zeiträume für die Abflussmessstation Wigger-Zofingen. Dargestellt sind die Monatsmittelwerte der Referenzperiode (30-Jahr-Mittel der Messdaten) sowie statistische Werte für die zukünftigen Monatsmittelwerte (30-Jahr-Mittel), welche aus den Hydroszenarien abgeleitet wurden. Die Diagramme zeigen die grundsätzliche langjährige mittlere Veränderung des Abflussregimes und bilden Extremjahre nicht ab.

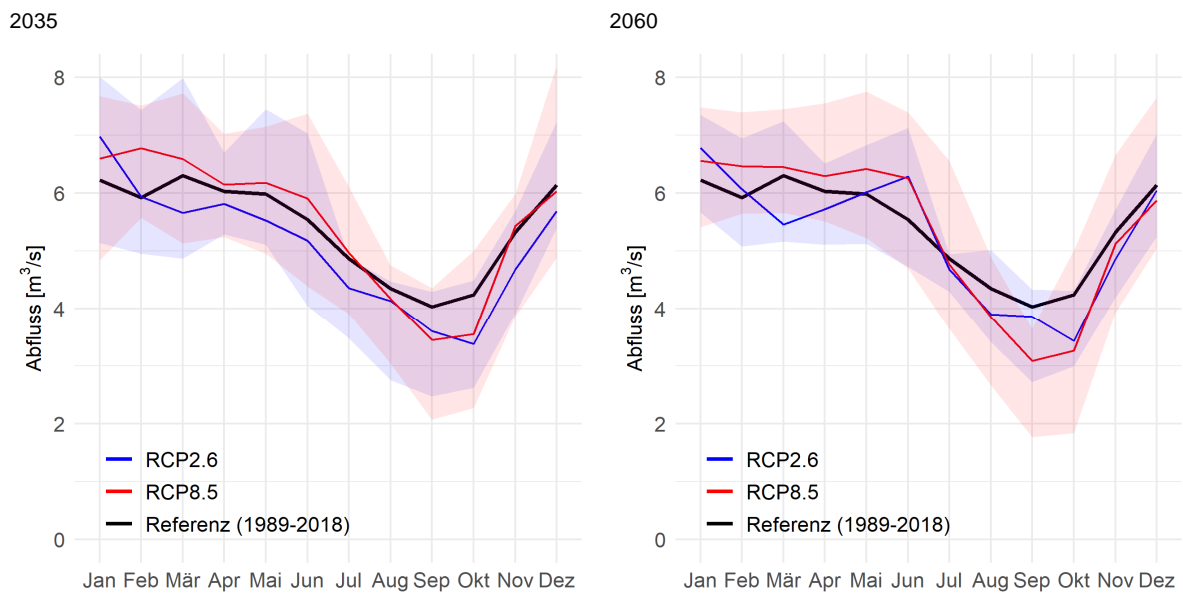


Abbildung 14 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie in der Zukunft mit (RCP2.6) und ohne (RCP8.5) Klimaschutz, links in der nahen (2020-2049) und rechts in der mittleren (2045-2074) Zukunft; Messstation Wigger-Zofingen

Die prognostizierten Veränderungen der Abfluss-Jahresganglinien lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Die Schwankung der mittleren Abflüsse im Jahresverlauf wird etwas stärker werden. Die mittleren Abflüsse in den Sommermonaten Juli bis Oktober werden sinken, sowohl in der nahen (2035) und als auch mittleren (2060) Zukunft.
- Die Absenkung der mittleren Abflüsse in den Sommermonaten bei Szenario RCP8.5 ist etwas deutlicher als im RCP2.6, vor allem im Szenario mittlere Zukunft (2060).
- Der Streubereich der Modellketten (90%-Bandbreite) ist durchs Jahr eher stabil. Die Abweichung in Richtung niedrige Abflüsse ist für RCP 8.5 in den Monaten September und Oktober besonders ausgeprägt.

2.5.3 Heutige und zukünftige Niedrigwasserverhältnisse

Niedrigwasserabfluss Q347

In der nachfolgenden Abbildung wird die Veränderung des Niedrigwasserabflusses Q347 in der Zeit dargestellt. Gezeigt wird die relative Veränderung des Q347 einer 30-Jahr-Periode gegenüber der Referenzperiode.

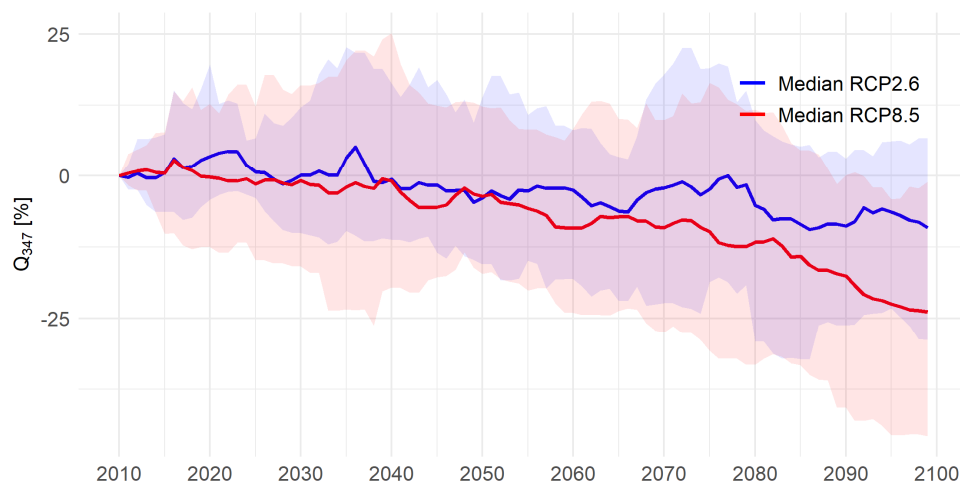


Abbildung 15 Entwicklung Niedrigwasserabfluss Q347 [%] ausgehend von der Referenzperiode 1989-2018 bis in die ferne Zukunft, Messstation Wigger-Zofingen

Die prognostizierte Veränderung des Niedrigwasserabflusses Q347 lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Q347 wird in den nächsten Jahrzehnten bis Mitte des Jahrhunderts leicht abnehmen, um bis zu 10% mit dem Szenario RCP8.5 resp. um weniger als 5% mit dem Szenario RCP2.6.
- In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts wird vor allem mit dem Szenario RCP8.5 eine eindeutige Abnahme prognostiziert (gegen 25% Abnahme).

Häufigkeit Niedrigwasserabfluss im Jahresverlauf

In der nachfolgenden Abbildung wird ausgewertet, an welchen Kalendertagen der einzelnen Jahre der Referenzperiode der Niedrigwasserabfluss Q347 unterschritten wurde. In der untersten Zeile wird zusammenfassend die Häufigkeit der Unterschreitungen für jeden Kalendertag dargestellt.

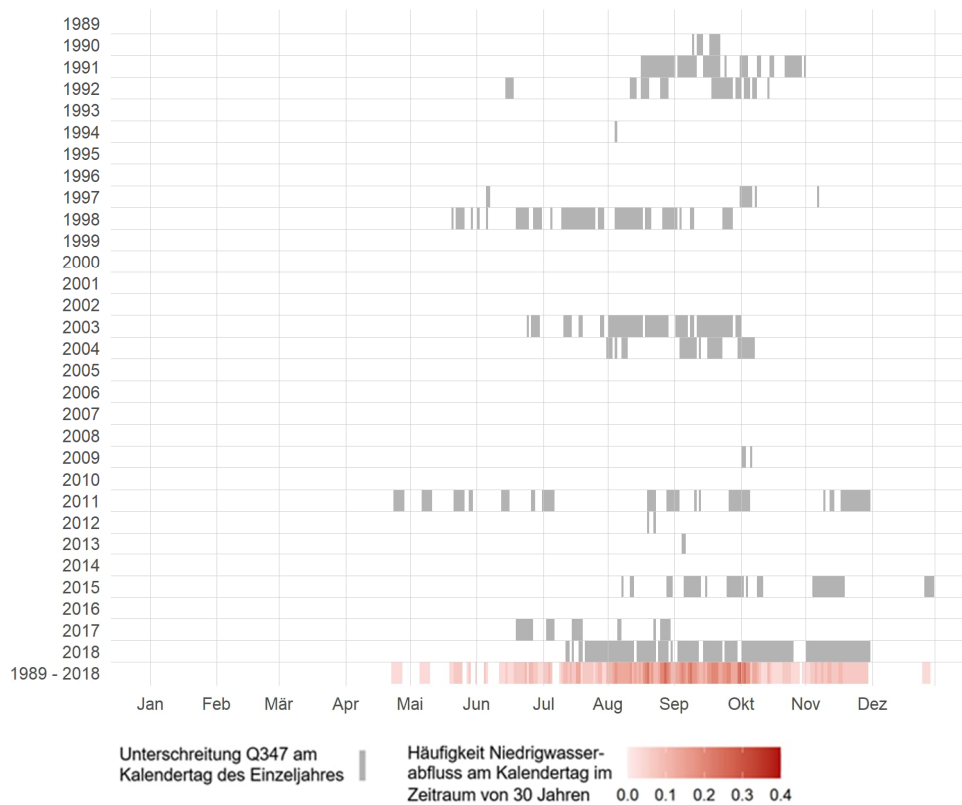


Abbildung 16 Kalender Tage mit Niedrigwasserabfluss im Referenzzeitraum 1989-2018 anhand der Messdaten der Messstation Wigger-Zofingen, pro Einzeljahr und als Häufigkeit über 30 Jahre

Die Abbildung zeigt folgendes Bild:

- Aus den Messdaten ist eine leichte Tendenz zu mehr Niedrigwasserverhältnissen in den letzten Jahren ersichtlich.
- Es gibt Jahre mit häufigen Q347-Unterschreitungen und Jahre ohne oder mit nur wenigen Unterschreitungen. Das Auftreten von Niedrigwasser ist aufgrund der fehlenden Speicher aber heterogener als in den anderen Mittellandeinzugsgebieten.
- Niedrigwasser tritt teilweise bereits ab Mai, aber hauptsächlich in den Monaten August bis Oktober auf.

In der nachfolgenden Abbildung wird die Häufigkeit der Unterschreitungen des Niedrigwasserabflusses Q347 für jeden Kalendertag für die Modellwerte der Hydroszenarien ausgewertet. Für die Auswertung wird zuerst jede Modellkette des jeweiligen Klimaszenarios für einen Zeitraum von 30 Jahren separat gerechnet und anschliessend der Median gebildet. Die in den Abbildungen dargestellte Referenz entspricht den modellierten Werten im Referenzzeitraum (1989-2018) und weicht darum von den Messdaten ab. Zudem sind deswegen die Referenzwerte unterschiedlich in RCP2.6 und RCP8.5.

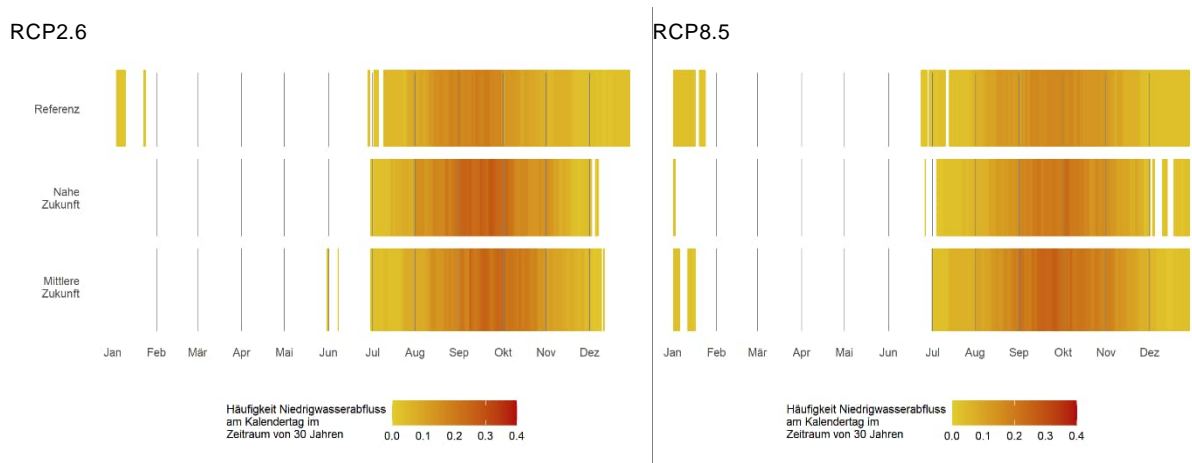


Abbildung 17 Häufigkeit Niedrigwasserabfluss pro Kalendertag (Median) im Zeitraum von 30 Jahren anhand der Modelldaten für das Klimaszenario RCP8.5 für den Referenzzeitraum (1989-2018), die nahe Zukunft (2020-2049) und die mittlere Zukunft (2045-2074); Messstation Wigger-Zofingen

Die Darstellungen zeigen folgendes Bild:

- Niedrigwasserabflüsse sind weiterhin ab Juli bis Ende Jahr zu erwarten.
- Die Häufigkeit von Niedrigwasserverhältnissen wird zunehmen, vor allem in der mittleren Zukunft.

2.6 Einzugsgebiet Reuss

2.6.1 Abflussverhältnisse im Referenzzeitraum

Oberflächengewässer

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Messdaten der Station Reuss-Luzern Geissmattbrücke. Gezeigt wird die mittlere Jahressganglinie in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Abflüsse bewegen sowie die Jahressganglinien der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Ebenfalls dargestellt wird der Niedrigwasserabfluss Q347 (34.4 m³/s) der Referenzperiode. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Abflusskurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

Der Abfluss der Reuss ist durch die Seeregulierung stark beeinflusst. Der See wird auf einem mittleren Seewasserstand von 433.5 m.ü.M. reguliert, und in Abhängigkeit der Schneehöhen im Frühjahr (März bis Juni) auf max. 433.25 m.ü.M. abgesenkt.

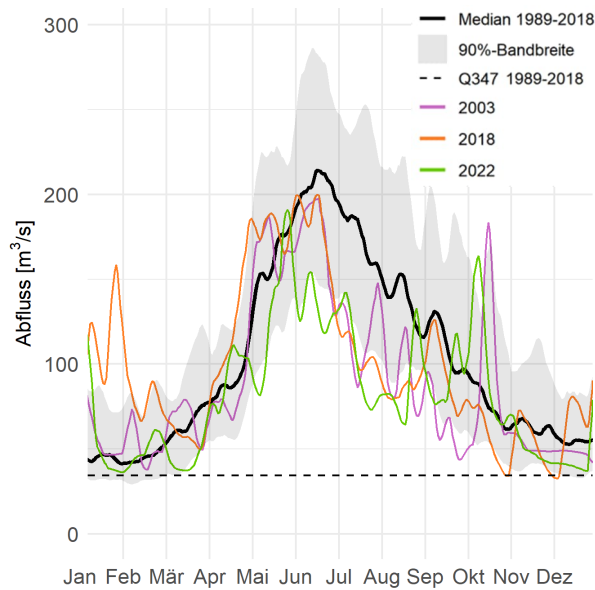


Abbildung 18 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m³/s], Messstation Reuss - Luzern

Die von der Messstation Reuss aufgezeichnete Wasserführung lässt sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Die Reuss weist ein typisches nivo-glaziales, also ein durch Schnee- und Gletscherschmelze geprägtes, Abflussregime auf. Ihre Niedrigwassersaison liegt im Winter und im Sommerhalbjahr weist sie hohe Abflüsse auf, bedingt durch Schneeschmelze im Frühsommer und Sommer sowie Gletscherschmelzwasser im Hochsommer.
- Erwartungsgemäss liegen die Abflüsse der Trockenjahre über längere Zeit am unteren Ende oder ausserhalb der 90%-Bandbreite. Die Sommer-trockenheit führt jedoch beim Abflussregime der Reuss nicht zu einer sommerlichen Niedrigwasserphase und die Schwelle der Abflussmenge Q347 wird erst gegen Jahresende vereinzelt unterschritten.
- Effekte von trockenen Sommern fallen grundsätzlich kaum in die generelle Niedrigwassersaison (Januar bis März) der Reuss, daher ist die Reuss während Trockenjahren weniger problematisch aus Sicht Wasserwirtschaft. Auch Perioden mit erhöhtem Wasserbedarf fallen nicht mit der Niedrigwasserphase zusammen. Die wenigen Wasserentnahmen aus der Reuss mussten in allen drei Trockenjahren nie eingestellt werden.

Grundwasser

Die Grundwasservorkommen im EZG Reuss wird durch die Messstation Emmen-Täschlerhüslweiher repräsentiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt jeweils die mittlere Jahresganglinie des Grundwasserspiegels in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Werte bewegen sowie die Jahresganglinien der drei Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Kurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

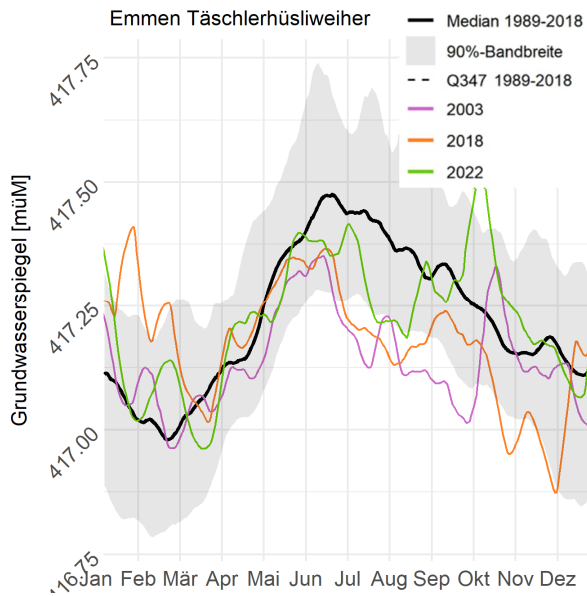


Abbildung 19 Wasserspiegel-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m.ü.M]

Die von den Messstationen aufgezeichneten Verläufe des Grundwasserspiegels lassen sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Die betrachtete Grundwassermessstelle ist wesentlich von Oberflächengewässern beeinflusst. Die Stände erholen sich neben Alimentierung durch Niederschläge vorwiegend über Flusswasserinfiltration von der Reuss und der Kleinen Emme sowie durch Grundwasserzufluss aus dem Tal der Kleinen Emme.
- Die Tiefstände treten generell im Winterhalbjahr (Monate Dezember bis März) auf. Trockenjahre zeichnen sich durch Grundwasserstände unterhalb der 90%-Bandbreite in den Monaten Juni bis Dezember aus. Die Tiefstände treten jedoch im Winterhalbjahr auf und fallen damit zeitlich nicht mit erhöhtem Wasserbedarf in sommerlichen Trockenperioden zusammen.

2.6.2 Abflussverhältnisse in der Zukunft (Prognosen)

Die folgenden Abbildungen zeigen die prognostizierten Veränderungen der Abfluss-Jahresganglinien für zwei Klimaszenarien und zwei Zeiträume für die Abflussmessstation Reuss-Luzern. Dargestellt sind die Monatsmittelwerte der Referenzperiode (30-Jahr-Mittel der Messdaten) sowie statistische Werte für die zukünftigen Monatsmittelwerte (30-Jahr-Mittel), welche aus den Hydroszenarien abgeleitet wurden. Die Diagramme zeigen die grundsätzliche langjährige mittlere Veränderung des Abflussregimes und bilden Extremjahre nicht ab.

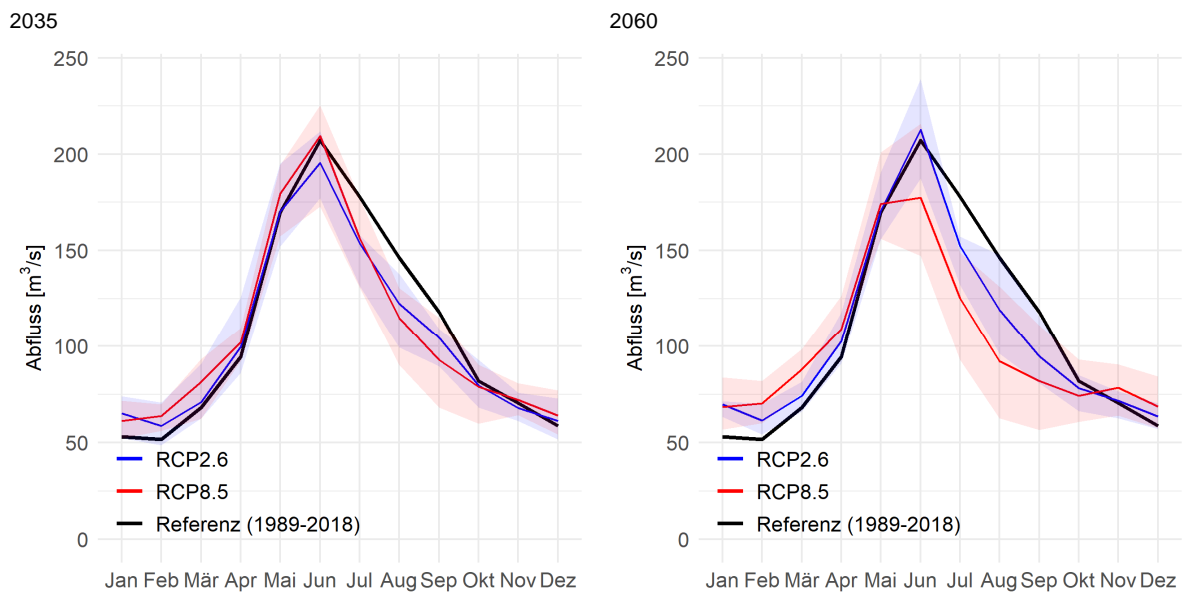


Abbildung 20 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie in der Zukunft mit (RCP2.6) und ohne (RCP8.5) Klimaschutz, links in der nahen (2020-2049) und rechts in der mittleren (2045-2074) Zukunft; Messstation Reuss-Luzern

Die prognostizierten Veränderungen der Abfluss-Jahresganglinien lassen sich wie folgt charakterisieren:

- In der nahen Zukunft zeigen sich nur geringe jahreszeitliche Veränderungen des Abflussregimes mit leicht höheren mittleren Abflüssen im Winter und leicht tieferen Abflüssen im Hochsommer bis Herbst.
- Im Szenario RCP8.5 in mittlerer Zukunft (2060) sind deutlich geringere mittlere Abflüsse im Sommerhalbjahr bis in den Herbst (Mai bis September) zu erwarten. Der Grund ist auf den geringeren Beitrag des Gletschereises zurückzuführen, da die Gletscher mit dem Szenario RCP8.5 Mitte des Jahrhunderts bereits erheblich zurückgegangen sein werden.
- Aus Wasserwirtschaftssicht sind die geringeren Abflüsse in den Sommermonaten wenig problematisch, da dieser Rückgang nicht in die Niedrigwassersaison (Januar - März) der Reuss fällt.
- Der Streubereich der Modellketten (90%-Bandbreite) ist für die Modellkette RCP 8.5 in den Sommer- bis Herbstmonaten generell höher als in den übrigen Monaten. Dies bedeutet, dass die Unsicherheit der Modelle in diesen Monaten hoch ist und der mittlere Abfluss deutlich abweichen könnte vom dargestellten Median aller Modellketten.
- In den Wintermonaten ist in beiden Szenarien mit höheren mittleren Abflüssen zu rechnen, weil mehr Niederschlag in Form von Wasser anstatt Schnee anfallen wird.

2.6.3 Heutige und zukünftige Niedrigwasserverhältnisse

Niedrigwasserabfluss Q347

In der nachfolgenden Abbildung wird die Veränderung des Niedrigwasserabflusses Q347 in der Zeit dargestellt. Gezeigt wird die relative Veränderung des Q347 einer 30-Jahr-Periode gegenüber der Referenzperiode.

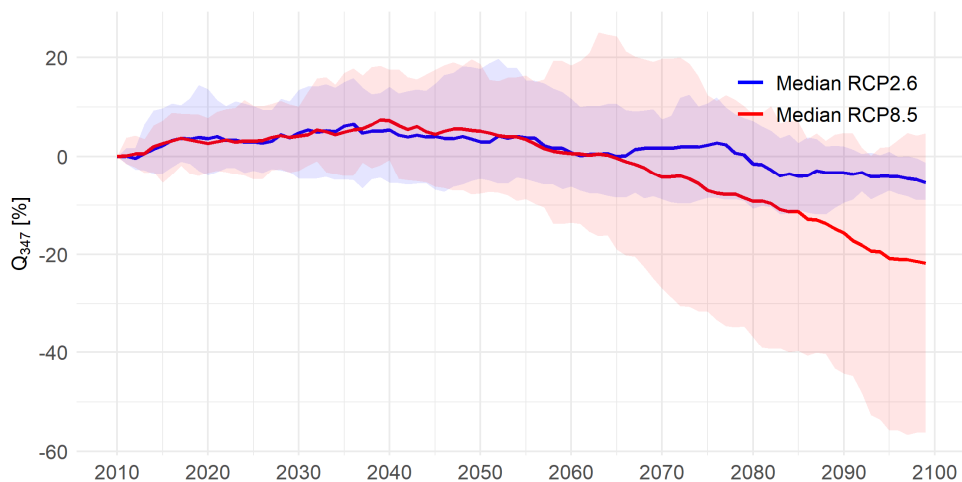


Abbildung 21 Entwicklung Niedrigwasserabfluss Q347 [%] ausgehend von der Referenzperiode 1989-2018 bis in die ferne Zukunft, Messstation Reuss-Luzern

Die prognostizierte Veränderung des Niedrigwasserabflusses Q347 lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Der Einfluss der erhöhten Niederschläge in Form von Regen anstelle von Schnee im Winterhalbjahr ist deutlich erkennbar: Q347 wird bis Mitte Jahrhundert tendenziell ansteigen, weil sich die Abflüsse in der bisherigen winterlichen Niedrigwassersaison erhöhen.
- Ab 2065 weichen die zwei Klimaszenarien voneinander ab. Beim Szenario RCP8.5 wird Q347 ab ca. 2070 deutlich abfallen (-20%), weil die Gletscher erheblich zurückgegangen sein werden. Der Rückgang von Q347 in diesem Szenario ist auch mit einer saisonalen Verschiebung der Niederwasserphasen vom Winter in den Spätsommer verbunden.

Häufigkeit Niedrigwasserabfluss im Jahresverlauf

In der nachfolgenden Abbildung wird ausgewertet, an welchen Kalendertagen der einzelnen Jahre der Referenzperiode der Niedrigwasserabfluss Q347 unterschritten wurde. In der untersten Zeile wird zusammenfassend die Häufigkeit der Unterschreitungen für jeden Kalendertag dargestellt.

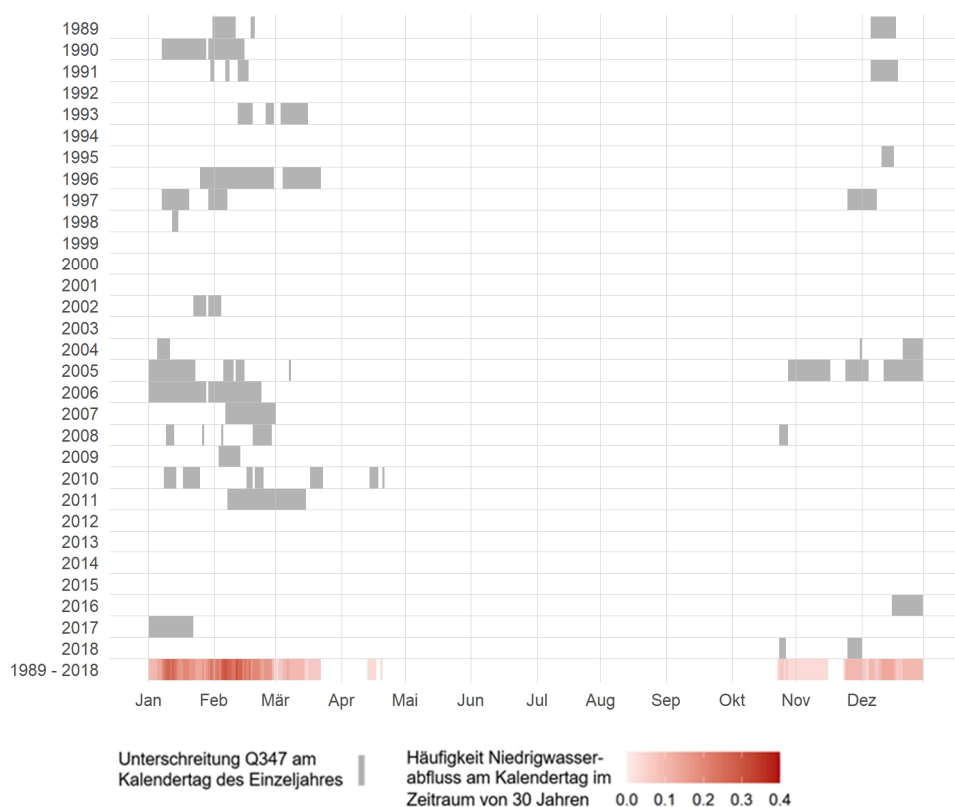


Abbildung 22 Kalender Tage mit Niedrigwasserabfluss im Referenzzeitraum 1989-2018 anhand der Messdaten der Messstation Reuss-Luzern, pro Einzeljahr und als Häufigkeit über 30 Jahre

Die Abbildung zeigt folgendes Bild:

- Es ist keine klare Tendenz innerhalb der Referenzperiode ersichtlich.
- Niederwasser kommt in den Wintermonaten Dezember bis März vor, vor allem während kalten Wintern mit geringem Niederschlag oder mit einem hohen Niederschlagsanteil, der als Schnee fällt und damit erst zeitlich verzögert mit der Schneeschmelze abflusswirksam wird.

In der nachfolgenden Abbildung wird die Häufigkeit der Unterschreitungen des Niedrigwasserabflusses Q347 für jeden Kalendertag für die Modellwerte der Hydroszenarien ausgewertet. Für die Auswertung wird zuerst jede Modellkette des jeweiligen Klimaszenarios für einen Zeitraum von 30 Jahren separat gerechnet und anschliessend der Median gebildet. Die in den Abbildungen dargestellte Referenz entspricht den modellierten Werten im Referenzzeitraum (1989-2018) und weicht darum von den Messdaten ab. Zudem sind deswegen die Referenzwerte unterschiedlich in RCP2.6 und RCP8.5.

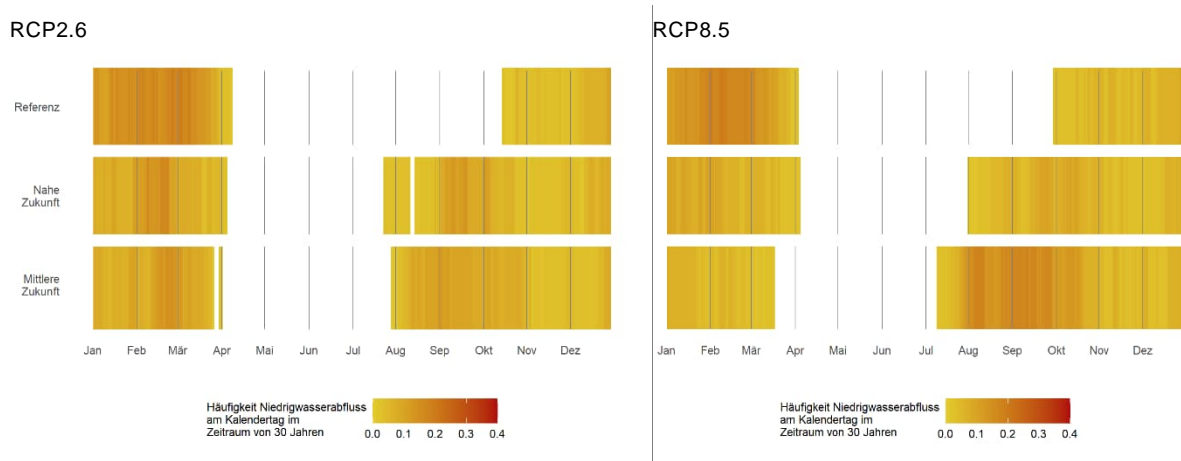


Abbildung 23 Häufigkeit Niedrigwasserabfluss pro Kalendertag (Median) im Zeitraum von 30 Jahren anhand der Modelldaten für das Klimaszenario RCP8.5 für den Referenzzeitraum (1989-2018), die nahe Zukunft (2020-2049) und die mittlere Zukunft (2045-2074)

Die Darstellungen zeigen folgendes Bild:

- Niedrigwasserverhältnisse werden in Zukunft in den Wintermonaten weniger ausgeprägt auftreten. Grund dafür sind die zunehmenden Niederschläge im Winter in Form von Regen anstatt Schnee.
- Gemäss den Prognosen können Niedrigwasserverhältnisse in Zukunft früher im Jahr auftreten, in mittlerer Zukunft und RCP8.5 schon im Juli. Dies aufgrund der früher im Jahr eintretenden Schneeschmelzen (Frühling – Frühsommer) und des abnehmenden Gletscherschmelzwasservolumens. Möglicherweise wird die Schneeschmelze auch geringer ausfallen, da höhere Lagen bereits früher im Jahr schneefrei sind.
- Zu beachten ist jedoch, dass das Modell zwar die Speicherwirkung des Vierwaldstättersees aber nicht die Seeregulierung abbildet. Die tatsächlichen Veränderungen der Niedrigwasserperioden könnten darum auch mit der heutigen Regulierung weniger ausgeprägt ausfallen.

2.7 Einzugsgebiet Kleine Emme

2.7.1 Abflussverhältnisse im Referenzzeitraum

Oberflächengewässer

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Messdaten der Station Kleine Emme-Emmen. Gezeigt wird die mittlere Jahresganglinie in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Abflüsse bewegen sowie die Jahresganglinien der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Ebenfalls dargestellt wird der Niedrigwasserabfluss Q347 (3.02 m³/s) der Referenzperiode. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Abflusskurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

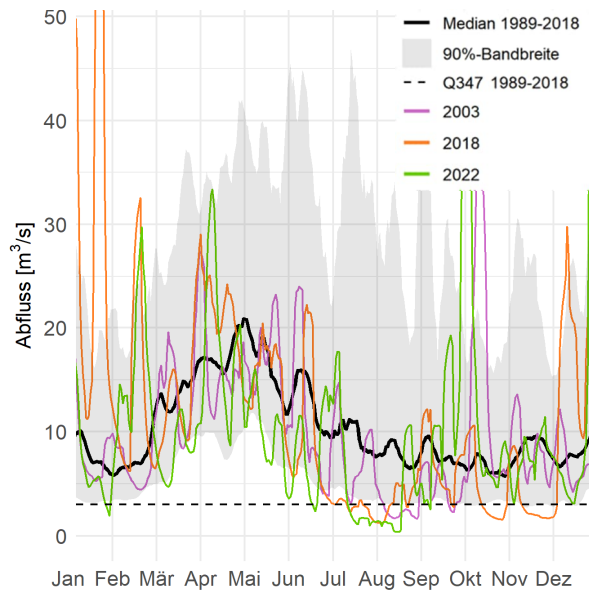


Abbildung 24 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m³/s], Messstation Kleine Emme-Emmen

Die von der Messstation Kleine Emme aufgezeichnete Wasserführung lässt sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Die Kleine Emme zeigt ein typisches nivales, also durch Schneeschmelze geprägtes, Abflussregime. Sie weist in den Frühjahrsmonaten (März bis Juni) aufgrund der Schneeschmelze erhöhte Abflüsse und tiefe Abflüsse in Spätsommer und Herbst auf.
- Generell kommt es aufgrund fehlender natürlicher Speicher (Gletscher, See) und aufgrund des geringen Wasserrückhalts in den mehrheitlich steil abfallenden Teileinzugsgebieten mit lehmigen Flyschböden zu raschem Gebietsabfluss und damit zu hoher Variabilität in den Tageswerten. Die Abflüsse steigen bei Regen rasch an und sinken auch rasch wieder ab.
- Die Niederwasserphasen in den Trockenjahren sind konzentriert auf Juli bis September.

Grundwasser

Das Grundwasservorkommen im EZG Kleine Emme wird durch die Messstation Malters-Brunauerboden und Emmenbrücke-Marienbrunnen repräsentiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt jeweils die mittlere Jahresganglinie des Grundwasserspiegels in der Referenzperiode (Median) und die Bandbreite, in welcher sich 90% der Werte bewegen sowie die Jahresganglinien der drei Trockenjahre 2003, 2018 und 2022. Zugunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurden die Kurven der Einzeljahre als 7-Tagesmittel leicht geglättet.

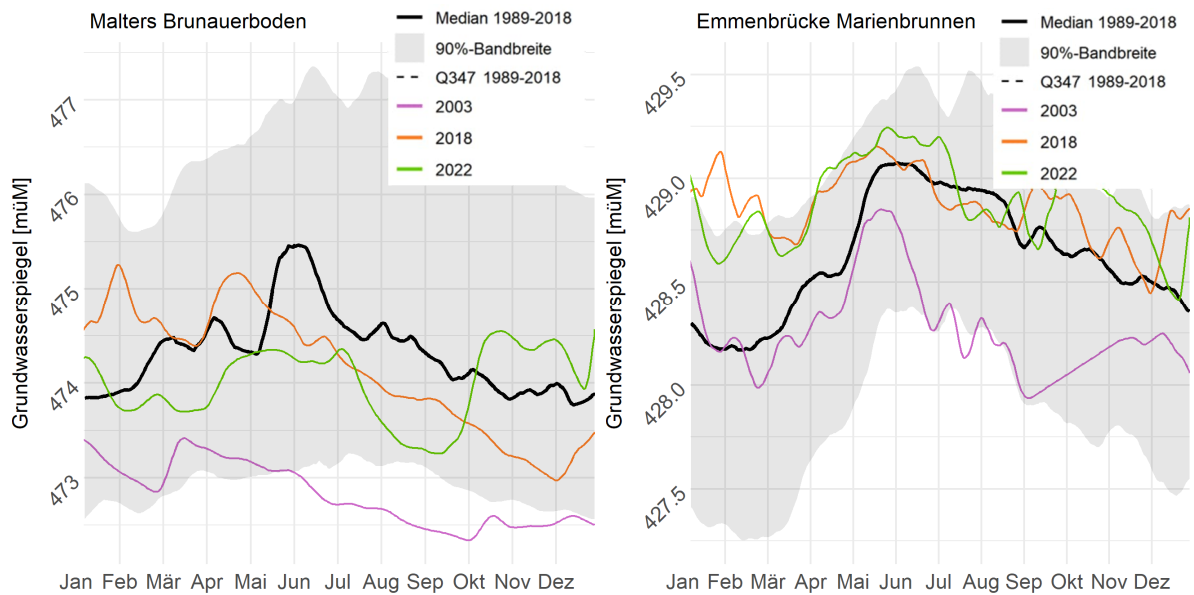


Abbildung 25 Wasserspiegel-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie der Trockenjahre 2003, 2018 und 2022 in [m.ü.M]

Die von den Messstationen aufgezeichneten Verläufe des Grundwasserspiegels lassen sich für die Referenzperiode wie folgt charakterisieren:

- Die Trockenheit im 2003 hat zu den klar tiefsten Grundwasserständen in der betrachteten Periode geführt. Das Niederschlagsdefizit dauerte im Jahr 2003 bis in den Herbst. Dies hat dazu geführt, dass die Grundwasserstände sich erst im Folgejahr erholt haben. Generell treten die Tiefstände in Trockenjahren teilweise erst in den Herbstmonaten auf.
- Das Hochwasserereignis im Jahre 2005 hat die Grundwasserstände im Tal der Kleinen Emme generell angehoben. Daher war der Stand im Trockenjahr 2003 so viel tiefer als in den Jahren 2018 und 2022. Der Wasserspiegel in den Trockenjahren 2018 und 2022 befindet sich aus demselben Grund über dem langjährigen Mittel, was das Ausmass der Grundwasserspiegelanhebung seit dem Hochwasser 2005 verdeutlicht.
- Die Grundwassermessstelle Malters-Brunauerboden liegt in einiger Distanz zum Emmenlauf und ist daher nur leicht von diesem beeinflusst. Das Grundwasser erholt sich neben der Alimentierung durch Niederschläge über die Flussinfiltration aus der Kleinen Emme.

2.7.2 Abflussverhältnisse in der Zukunft (Prognosen)

Die folgenden Abbildungen zeigen die prognostizierten Veränderungen der Abfluss-Jahresganglinien für zwei Klimaszenarien und zwei Zeiträume für die Abflussmessstation Kleine Emme-Emmen. Dargestellt sind die Monatsmittelwerte der Referenzperiode (30-Jahr-Mittel der Messdaten) sowie statistische Werte für die zukünftigen Monatsmittelwerte (30-Jahr-Mittel), welche aus den Hydroszenarien abgeleitet wurden. Die Diagramme zeigen die grundsätzliche langjährige mittlere Veränderung des Abflussregimes und bilden Extremjahre nicht ab.

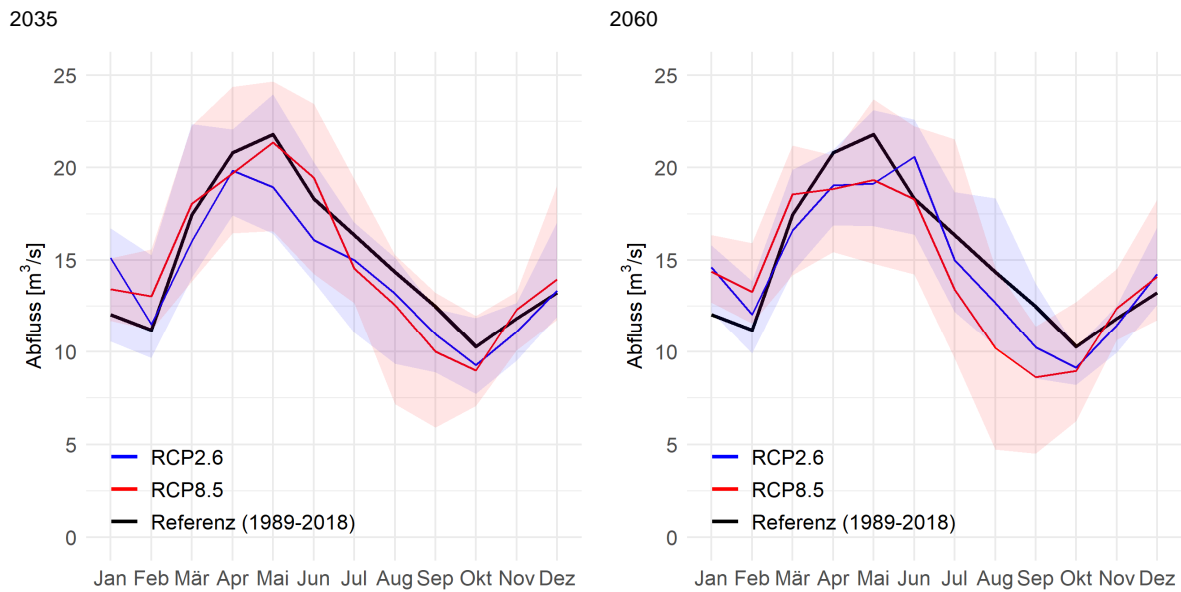


Abbildung 26 Abfluss-Jahresganglinien (Median sowie 90%-Bandbreite) der Referenzperiode 1989-2018 sowie in der Zukunft mit (RCP2.6) und ohne (RCP8.5) Klimaschutz, links in der nahen (2020-2049) und rechts in der mittleren (2045-2074) Zukunft; Messstation Kleine Emme-Emmen

Die prognostizierten Veränderungen der Abfluss-Jahresganglinien lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Die mittleren Abflüsse nehmen vor allem beim Szenario RCP8.5 in der mittleren Zukunft (2060) in den Monaten Juli bis Oktober ab.
- Der Streubereich der Modellketten (90%-Bandbreite) ist in den Sommermonaten generell hoch. Dies bedeutet, dass die Unsicherheit der Modelle in diesen Monaten hoch ist und der mittlere Abfluss deutlich abweichen könnte vom dargestellten Median aller Modellketten. Die Abweichung in Richtung niedrige Abflüsse ist für RCP 8.5 in den Monaten August und September besonders ausgeprägt.

2.7.3 Heutige und zukünftige Niedrigwasserverhältnisse

Niedrigwasserabfluss Q347

In der nachfolgenden Abbildung wird die Veränderung des Niedrigwasserabflusses Q347 in der Zeit dargestellt. Gezeigt wird die relative Veränderung des Q347 einer 30-Jahr-Periode gegenüber der Referenzperiode.

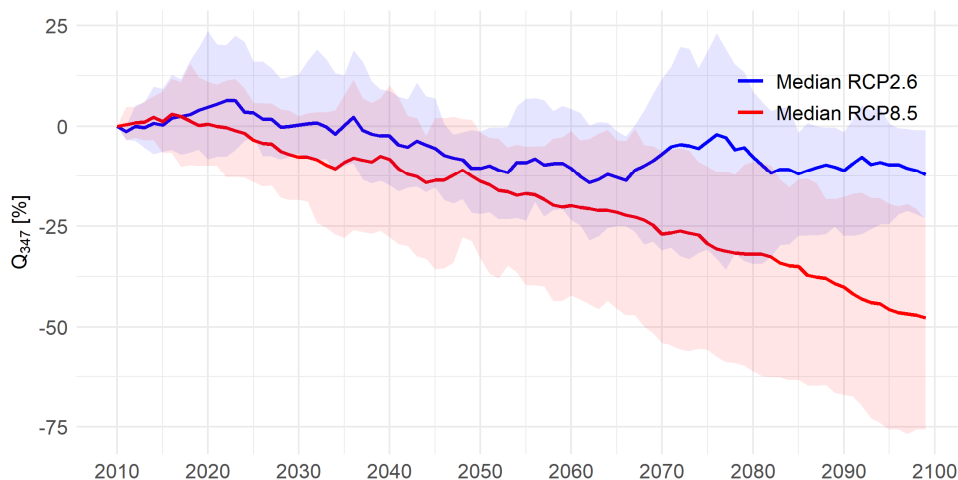


Abbildung 27 Entwicklung Niedrigwasserabfluss Q347 [%] ausgehend von der Referenzperiode 1989-2018 bis in die ferne Zukunft, Messstation Kleine Emme-Emmen

Die prognostizierte Veränderung des Niedrigwasserabflusses Q347 lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Die Tendenz ist klar sinkend bei beiden Szenarien.
- Mitte Jahrhundert ist für beide Szenarien ein Absinken der Niedrigwasserabflüsse um ca. 10%-20% prognostiziert. Kurzfristig ist nur beim Szenario RCP8.5 eine Absenkung um bis zu 10% erkennbar.
- Gegen Ende Jahrhundert gehen die Prognosen der beiden Szenarien deutlich auseinander. Mit dem Klimaszenario RCP8.5 wird Q347 ab Mitte des Jahrhunderts deutlich mehr sinken und zwar um bis zu 50%. Mit dem Szenario RCP2.6 wird sich Q347 ab Mitte des Jahrhunderts rund 10% tiefer gegenüber dem heutigen Stand stabilisieren.

Häufigkeit Niedrigwasserabfluss im Jahresverlauf

In der nachfolgenden Abbildung wird ausgewertet, an welchen Kalendertagen der einzelnen Jahre der Referenzperiode der Niedrigwasserabfluss Q347 unterschritten wurde. In der untersten Zeile wird zusammenfassend die Häufigkeit der Unterschreitungen für jeden Kalendertag dargestellt.

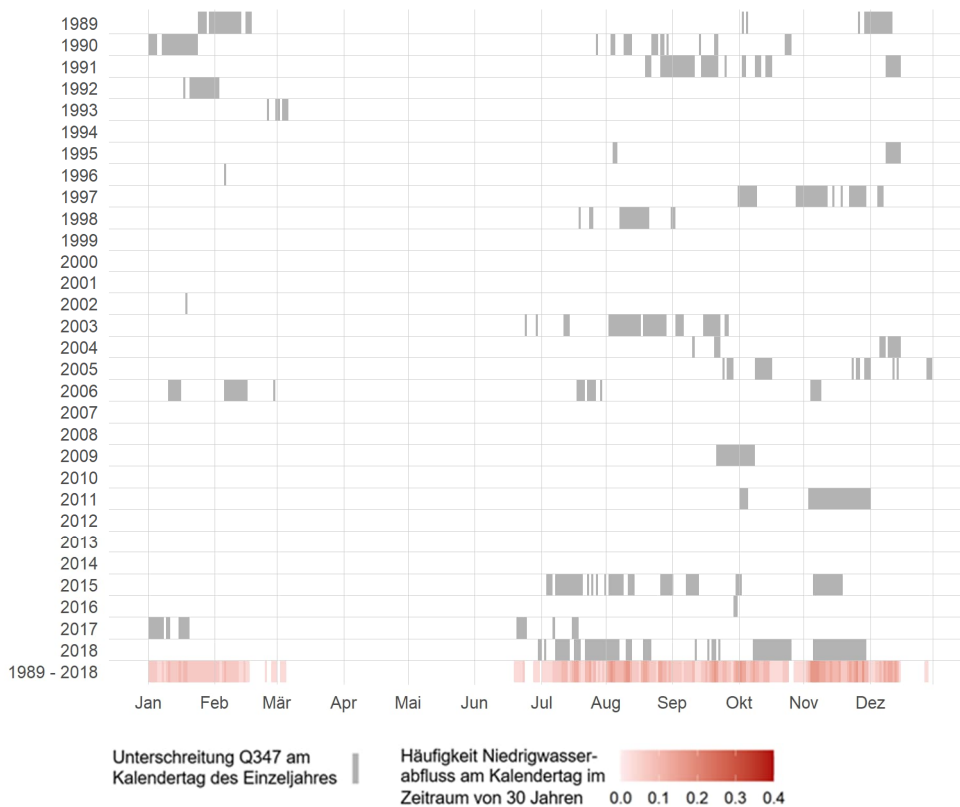


Abbildung 28 Kalenderstage mit Niedrigwasserabfluss im Referenzzeitraum 1989-2018 anhand der Messdaten der Messstation Kleine Emme-Emmen, pro Einzeljahr und als Häufigkeit über 30 Jahre

Die Abbildung zeigt folgendes Bild:

- Es ist keine klare Tendenz innerhalb der Referenzperiode ersichtlich. Es gibt Jahre mit häufigeren Q347-Unterschreitungen und Jahre ohne Unterschreitungen. Es kommen jedoch auch Jahre mit nur einzelnen Unterschreitungen vor.
- Niedrigwasser kommt ab Sommer (Juli) bis in die Wintermonate vor. Im Winter können Niedrigwasserverhältnisse durch kalte Temperaturen verursacht werden, weil die Niederschläge dann als Schnee fallen und gespeichert werden.

In der nachfolgenden Abbildung wird die Häufigkeit der Unterschreitungen des Niedrigwasserabflusses Q347 für jeden Kalendertag für die Modellwerte der Hydroszenarien ausgewertet. Für die Auswertung wird zuerst jede Modellkette des jeweiligen Klimaszenarios für einen Zeitraum von 30 Jahren separat gerechnet und anschliessend der Median gebildet. Die in den Abbildungen dargestellte Referenz entspricht den modellierten Werten im Referenzzeitraum (1989-2018) und weicht darum von den Messdaten ab. Zudem sind deswegen die Referenzwerte unterschiedlich in RCP2.6 und RCP8.5.

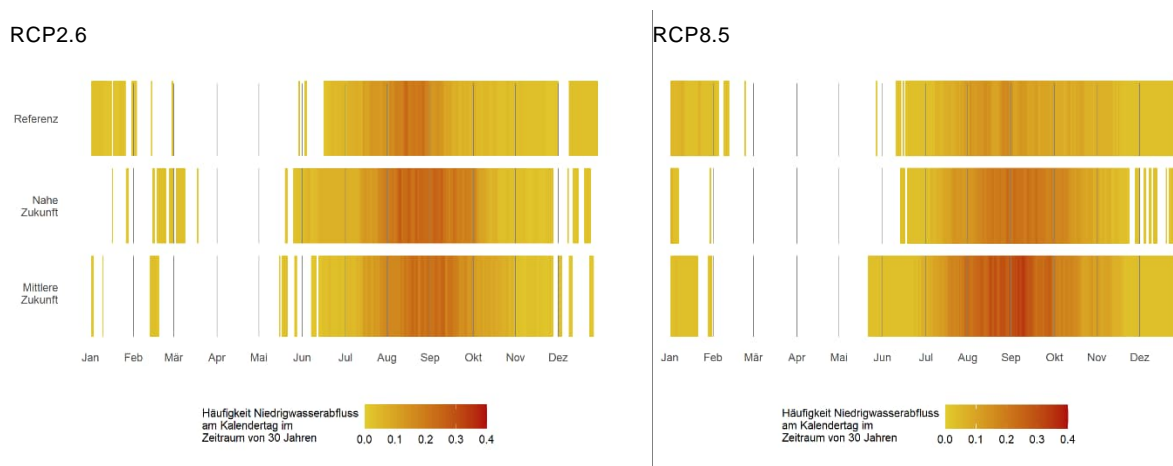


Abbildung 29 Häufigkeit Niedrigwasserabfluss pro Kalendertag (Median) im Zeitraum von 30 Jahren anhand der Modelldaten für das Klimaszenario RCP8.5 für den Referenzzeitraum (1989-2018), die nahe Zukunft (2020-2049) und die mittlere Zukunft (2045-2074)

Die Darstellungen zeigen folgendes Bild:

- Niedrigwasserverhältnisse werden sich in Zukunft in beiden Szenarien deutlicher auf den Sommer bis Herbst konzentrieren und tendenziell früher bereits ab Juni auftreten. Grund dafür ist die abnehmende Schneeschmelze gekoppelt mit sinkenden Sommerniederschlägen.

2.8 Einordnung und Häufigkeit Trockenjahre

Ergänzend zu den Analysen in den vorangehenden Kapiteln wird im Folgenden versucht, Aussagen zur zukünftigen Häufigkeit von heutigen Trockenjahren anhand des Parameters «Anzahl Tage im Jahr mit Unterschreitung von Q347» zu machen.

Als erster Schritt wird aus den Messdaten die Anzahl Tage bestimmt, an welchen in den Trockenjahren 2003, 2018 und 2022 der Niedrigwasserabfluss Q347 der Referenzperiode unterschritten wurde (siehe Tabelle 2). Zudem wurde ermittelt, welchen Rang die Trockenjahre innerhalb der 30-Jahr-Periode belegen.

Gewässer	Station	Anzahl Tage <Q347 und Rang im 2003	Anzahl Tage <Q347 und Rang im 2018	Anzahl Tage <Q347 und Rang im 2022
Aabach	Hitzkirch	76 (Rang 3)	157 (Rang 1)	69 (Rang 4)
Kl. Emme	Emmen	45 (Rang 3)	84 (Rang 1)	71 (Rang 2)
Reuss	Luzern	0 (Rang 26)	10 (Rang 18)	0 (Rang 30)
Suhre	Oberkirch	29 (Rang 8)	130 (Rang 1)	0 (Rang 30)
Suhre	Reitnau	Messlücke	134 (Rang 1)	108 (Rang 2)
Wigger	Zofingen	68 (Rang 3)	122 (Rang 1)	80 (Rang 2)

Tabelle 2: Anzahl Tage, bei denen Q347 in den Trockenjahren 2003, 2018 und 2022 unterschritten wurde und Rang (in Klammer) innerhalb der Referenzperiode.

Tabelle 2 zeigt deutlich, dass die Reuss mit ihrem gletschergeprägten Abflussregime nicht von den hier betrachteten Sommertrockenheiten betroffen ist (vgl. Kap. 2.6). Bei allen anderen Einzugsgebieten belegt das Trockenjahr 2018 durchwegs den Rang 1, wobei die Niedrigwasserperiode teilweise deutlich länger war als in den anderen beiden Trockenjahren.

Bei den beiden Einzugsgebieten ohne Seeinfluss, nämlich der Kleinen Emme und der Wigger, liegen die Jahre 2022 und 2003 auf Rang 2 resp. 3. Die Einzugsgebiete der Mittellandseen zeigen in ihren Seeabflüssen Suhre und Aabach etwas weniger eindeutige Ergebnisse. Dies scheint zu bestätigen, dass die Seen einen Einfluss auf die Niedrigwasserabflüsse haben, insbesondere beim leicht regulierten Sempachersee. Die Messstation Suhre-Reitnau ist zusätzlich durch die Interaktion mit dem Grundwasservorkommen beeinflusst sein (vgl. auch Kap. 2.3 und 2.4).

In einem zweiten Schritt wurde der Parameter «Anzahl Tage im Jahr mit Unterschreitung von Q347» auch für die hydrologischen Szenarien ausgewertet. Analog Kap. 2.4.2 wurde für die Suhre auf die Auswertung der Modell-daten verzichtet.

Abbildung 30 zeigt, an wie vielen Tagen der Niedrigwasserwert Q347 in den beiden Modellketten RCP 2.6 (blau) und RCP 8.5 (rot) in naher und mittlerer Zukunft im Vergleich zur Referenzperiode (graue Punkte) durchschnittlich pro Jahr unterschritten wird. Gemäss Definition ist dies im Referenzzustand durchschnittlich an 18 Tagen pro Jahr (an 347 Tagen im Jahr wird der Wert überschritten).

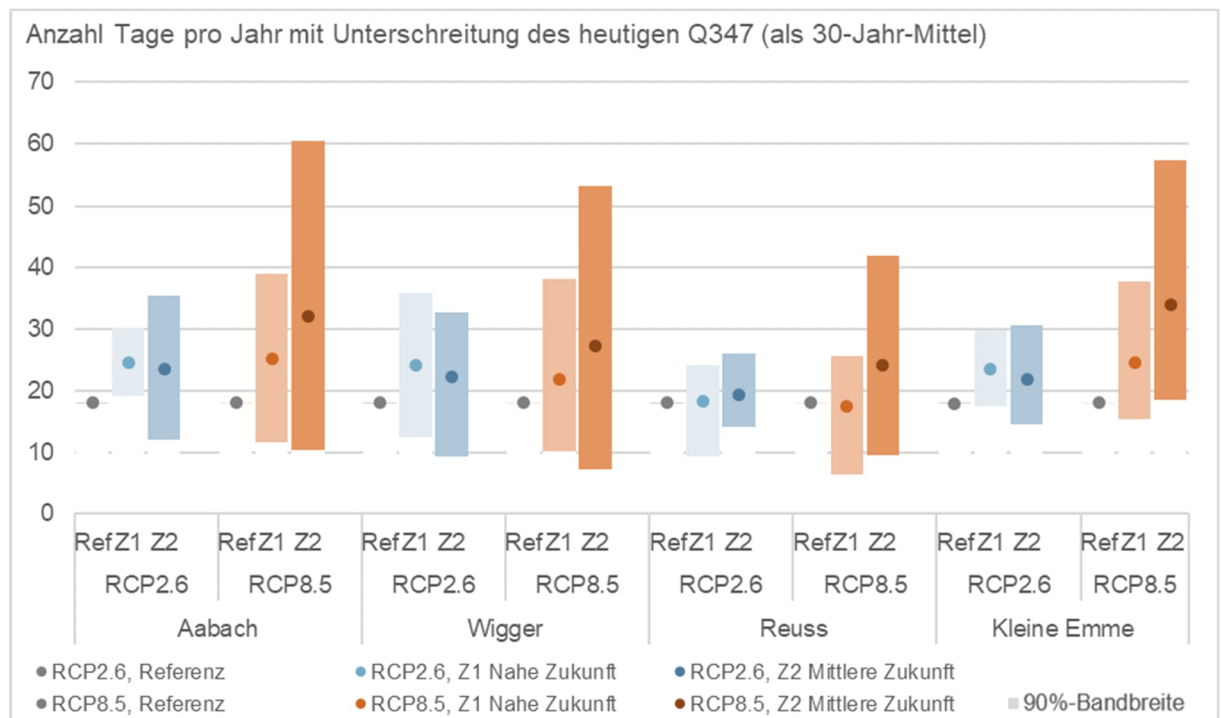


Abbildung 30 Anzahl Tage pro Jahr mit Unterschreitung des Q347-Abflusses des Referenzzustands als Mittelwert über 30 Jahre

Die Prognosen zeigen mit Ausnahme der Reuss eine klare Zunahme der durchschnittlichen Anzahl Niedrigwassertage, besonders deutlich für die Modellkette RCP8.5 und zwar sowohl im Median (orange Punkte) als auch im Streubereich (orange Balken). Am Beispiel der Kleinen Emme ist folgendes zu erkennen:

- Gemäss Definition des Parameters Q347 wird dieser Schwellenwert im Referenzzustand durchschnittlich an 18 Tagen pro Jahr unterschritten, resp. an 347 Tagen überschritten), siehe graue Punkte.
- Beim Szenario mit Klimaschutz (RCP2.6) wird der Q347-Wert des Referenzzustands in der nahen Zukunft Z1 durchschnittlich an 24 (hellblauer Punkt) und in der mittleren Zukunft Z2 an 22 Tagen (dunkelblauer Punkt) unterschritten werden (Median der verschiedenen Klimamodelle).
- Beim Szenario ohne Klimaschutz (RCP8.5) wird der Q347-Wert des Referenzzustands in der nahen Zukunft Z1 durchschnittlich an 25 (hellroter Punkte) und in der mittleren Zukunft Z2 an 34 Tagen (dunkelroter Punkt) unterschritten werden (Median der verschiedenen Klimamodelle).

Die dargestellten Werte sind 30-Jahres-Mittel. Die Einzeljahre können stark variieren. Wie die Zahlen zeigen, wird gemäss Prognosen sowohl die Häufigkeit langer Niedrigwasserphasen als auch die Länge der Niedrigwasserphasen zunehmen. Dazwischen wird es aber wie in der Vergangenheit auch nasse Jahre ohne Niedrigwasserverhältnisse geben.

Beim Aabach (Einzugsgebiet Baldeggersee) zeigen die Prognosen ein sehr ähnliches Bild mit beinahe einer Verdoppelung der durchschnittlichen Niedrigwasserdauern (Szenario ohne Klimaschutz, mittlere Zukunft). Bei der Wigger sind die Effekte etwas schwächer.

Gemäss den dargestellten Bandbreiten der Klimamodelle könnte die Veränderung auch deutlich schwächer oder stärker ausfallen (vergleiche blaue und orange Balken mit den 90%-Bandbreiten). Die Modelkette RCP 8.5 zeigt deutlich höhere Bandbreiten als die Modelkette RCP 2.6.

2.9 Fazit Wasserdargebot

Die Analysen zum Wasserdargebot umfassen die Auswertung von Messdaten mit Fokus auf bisherige Trockenjahre sowie Prognosen anhand hydrologischer Szenarien. Die Prognosen zeigen primär die langjährige mittlere Veränderung und bilden Extremjahre nicht ab. Zusammenfassend ergibt sich folgendes Bild:

- Aufgrund der topographischen und geologischen Situation weist der Kanton Luzern heterogene hydrologische und hydrogeologische Verhältnisse auf.
- Die drei Mittellandeinzugsgebiete Baldeggersee, Sempachersee und Wigger mit pluvialem, von Niederschlag geprägtem Abflussregime weisen bereits heute niedrige Abflüsse im Sommer und Herbst auf, welche in Trockenjahren zu ausgeprägten Niedrigwasserverhältnissen ab Monat Juli führen, im Einzugsgebiet der Wigger aufgrund fehlender natürlicher Speicher tendenziell etwas früher. Mit dem Klimawandel wird im Mittel der

heutige saisonale Verlauf etwas ausgeprägter werden und die Niedrigwasserabflüsse werden gegenüber der Referenzperiode in naher Zukunft (2035) rund 5-10% und bis Mitte des Jahrhunderts bei der Wigger bis gegen 25% geringer sein und etwas häufiger auftreten.

- Die Kleine Emme hat ein nivales, durch Schneeschmelze geprägtes Abflussregime. Sie weist die niedrigsten Abflüsse im späteren Sommer ab etwa Mitte Juli auf. Aufgrund fehlender Speicher ist sie stark niederschlagabhängig und kann ausgeprägte Niedrigwasserphasen aufweisen. In Zukunft werden die mittleren Abflüsse im Sommer abnehmen, in naher Zukunft (2035) wenige bis 10%, bis Mitte des Jahrhunderts 5 bis 15%. Die Niedrigwasserabflüsse werden noch geringer sein und häufiger und früher im Jahr eintreten.
- Die Reuss weist ein typisches nivo-glaziales Abflussregime auf, das von Gletscher- und Schneeschmelze geprägt ist. Mit der Niederwassersaison im Winter unterscheidet sie sich deutlich von den anderen Einzugsgebieten. Die Sommertrockenheit führt bei diesem Abflussregime aufgrund der Schneeschmelze im Frühsommer und Sommer und Gletscherschmelzwasser im Hochsommer nicht zu einer sommerlichen Niedrigwasserphase. In Zukunft wird sich das Bild gemäss Zukunftsszenarien jedoch ändern. Mitte des Jahrhunderts sind aufgrund der geringeren Schnee- und Gletscher-Beiträge geringere mittlere Abflüsse im Sommerhalbjahr bis in den Herbst (Mai bis September) zu erwarten. Niedrigwasserphasen können schon ab dem Spätsommer (August-September) auftreten. Durch die Speicherwirkung des Vierwaldstättersees werden sie aber vermutlich stark abgefedert. Weiter ist wegen den vermehrten Niederschlägen in Form von Regen in den Wintermonaten durch die Temperaturerhöhung mit weniger Winterniedrigabflüssen zu rechnen.
- Bei den niederschlagsgespiesenen Grundwasserträgern (Seetal, Surental) stellt sich die Frage, wie sich der Grundwasserspiegel bei mehreren Trockenjahren in Folge entwickeln würde. Es ist damit zu rechnen, dass wie ab Spätherbst 2022 erkennbar neue Grundwassertiefststände erreicht werden (Surental, Seetal, teilweise Wiggertal). Es stellt sich die Frage, ob sich die Grundwasserspiegel mit einer kommenden länger dauernden Nasswetterphase wieder auf die bisher mittleren Stände erholen werden oder ob mit einer sinkenden Tendenz der mittleren Grundwasserstände zu rechnen ist.
- Die Grundwasservorkommen des Luzerner Reusstales sind durch die Klimaerwärmung noch wenig betroffen. Die Grundwasservorkommen im Tal der Kleinen Emme sind ebenso noch wenig betroffen, da mit dem Hochwasser 2005 sich generell höhere Stände eingestellt haben. Hier stellt sich die Frage, ob diese auch mit den laufenden Wasserbauvorhaben an der Kleinen Emme mit Sohlenaufweitungen und damit erhöhter Flusswasserinfiltration generell erhöht bleiben, oder ob sich mit der zunehmenden Kolmatierung der Flusssohle wieder eher tiefere mittlere Grundwasserstände in den kommenden Jahrzehnten einstellen werden.

3. Situationsanalyse Wasserbedarf Landwirtschaft

In diesem Kapitel wird eine Abschätzung des landwirtschaftlichen Wasserbedarfs im Ist-Zustand und in einem zukünftigen Zustand mittels einer von der Agroscope entwickelten Methode vorgenommen. Die Abschätzung erfolgt für die derzeit angebaute Kulturen sowie für einen Kulturmix bei Umsetzung der «Offensive Spezialkulturen».

3.1 Übersicht heutige Landwirtschaft

3.1.1 Landwirtschaftliche Nutzflächen und Kulturen im Kanton

Der Kanton Luzern ist ein Futterbaukanton. Die insgesamt rund 75'600 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) des Kantons Luzerns werden zu 79% als Grünlandfläche bewirtschaftet, zu 19% für Ackerbau genutzt und nur zu knapp 2% als Spezialkulturen (vorwiegend Obst- Beeren- und Weinbau) betrieben.

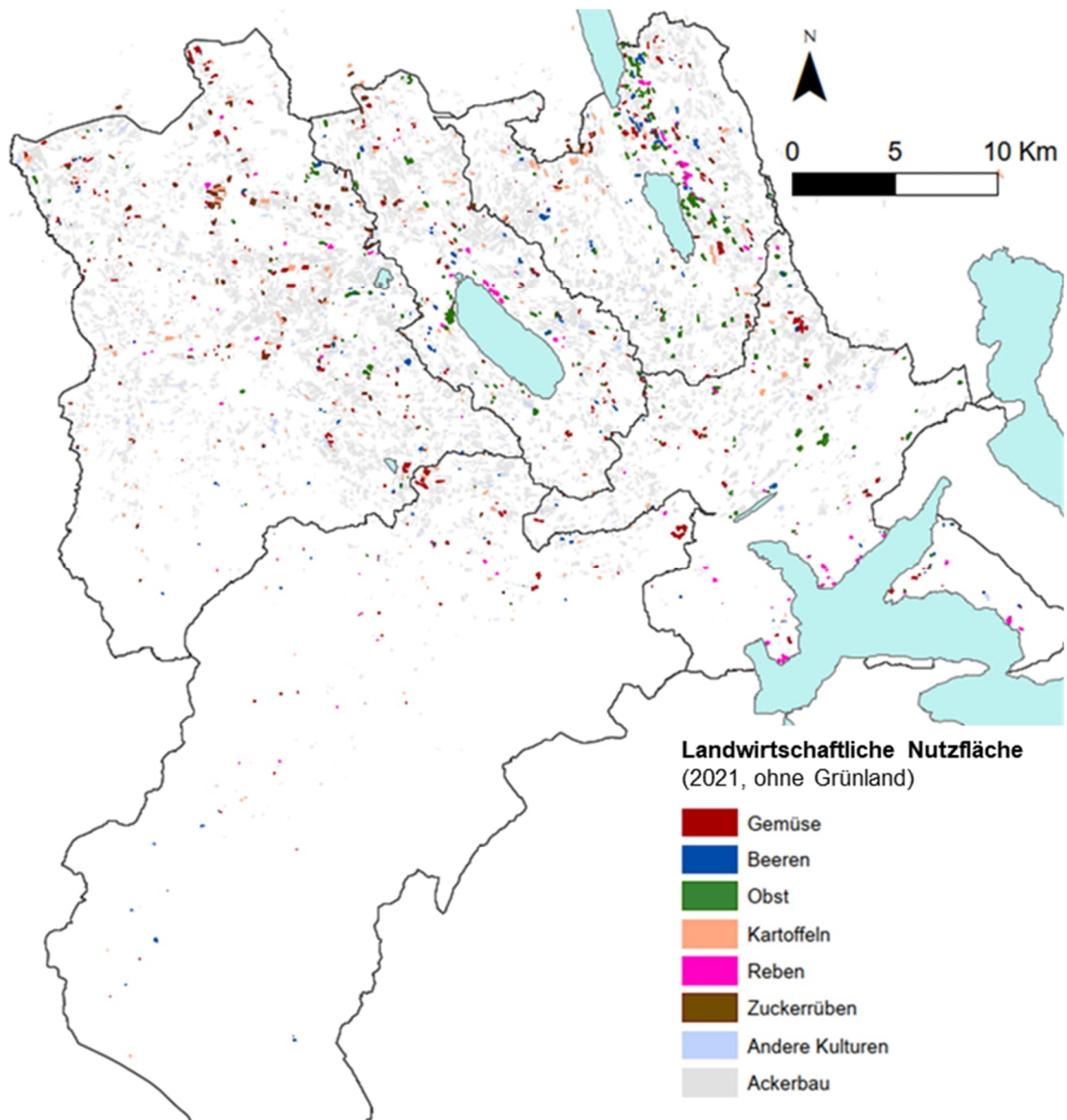


Abbildung 31 Übersicht landwirtschaftliche Kulturen (Lawis-Daten 2021)

3.1.2 Instrumente und Projekte hinsichtlich Wassernutzung

Die heutige, am verfügbaren Wasserdargebot ausgerichtete Wassernutzungspolitik wird seitens Landwirtschaft akzeptiert und ist gut etabliert. Dank der konsequenten Haltung des Kantons sind die Rahmenbedingungen klar. Bisher wird im Kanton Luzern nur bedarfsgerecht in Abhängigkeit vom Niederschlag und Abflüssen in Flüssen bzw. Pegeln in Seen oder gar nicht bewässert. In Trockenjahren kam es jedoch vermehrt zu Wasserengpässen, weil die Wasserentnahmen eingestellt werden mussten.

Das Projekt «Offensive Spezialkulturen» zielt in Abstimmung mit dem Planungsbericht Klima- und Energiepolitik des Kantons Luzern darauf ab, das Potenzial an Spezialkulturen im Kanton Luzern aufzuzeigen. Für die Potentialabschätzung wurden eine Standortanalyse und eine Marktanalyse durchgeführt. Anhand dieser Grundlagen kann die Breite an Spezialkulturen in den einzelnen Regionen und das entsprechende Marktpotenzial abgeschätzt werden.

Für sechs Pilotgemeinden im Kanton Luzern (Luthern, Hergiswil, Willisau, Menznau, Romoos und Reiden) wird aktuell das Ressourcenprojekt «slow water» erarbeitet. Die Innovation des Projekts slow water liegt nicht in der Umsetzung einzelner mehr oder weniger bekannter Massnahmen, sondern in ihrer lokal angepassten Kombination von Massnahmen auf Ebene Landwirtschaftsbetrieb und auf Ebene der Gewässereinzugsgebiete zu einer wirkungsstarken Retentionsstrategie.

3.2 Grundlagen zum Wasserbedarf

Im Kanton Luzern liegen nur exemplarisch Erfahrungswerte zum Wasserbedarf der landwirtschaftlichen Kulturen vor. Die Abschätzung des Wasserbedarfs der Landwirtschaft erfolgt deshalb anhand von Literaturwerten.

3.2.1 Wahl Berechnungsgrundlage

Es bestehen zwei verschiedene Grundlagen der Agroscope zur Bestimmung des Zusatzwasserbedarfs, welche beide nach einem vergleichbaren Ansatz hergeleitet wurden, aber sich wie folgt unterscheiden:

- Bericht Fuhrer und Smith (2015) z.H. des Kantons Basel-Landschaft: Excel-Tabellen mit monatlicher Wassermenge für eine Serie von Leitkulturen für 4 verschiedene Klimaszenarien (CH2011) und 3 Bodentypen mit teilweise unterschiedlichen Durchwurzelungstiefen. Die Tabellen decken mit 11 Meteostationen die Grossregionen der Schweiz ab und kamen bereits in verschiedenen Kantonen zur Anwendung.
- Bericht Eisenring, Holzkämper und Calanca (2021): Zahlenwerte für die jährliche Wassermenge für eine (teilweise andere) Serie von Leitkulturen für die aktuellen Klimaszenarien (CH2018) an 7 Meteostationen. Mit Kir-schen, Reben und Zuckerrüben fehlen Zahlenwerte für wichtige Kulturen. Auch Lagergemüse wird nicht abgedeckt. Die von der Agroscope auf Nachfrage zur Verfügung gestellten Rohdaten sind sehr fein aufgeschlüsselt (Tageswerte pro Modellkette und Bodentyp) und nur mit beträchtlichem Aufwand nutzbar.

Für den vorliegenden Bericht wird grundsätzlich mit der Grundlage von Fuhrer und Smith (2015) gearbeitet, weil sie eine geeignete Datenauflösung bietet. Dabei wird in Kauf genommen, dass den spezifischen Wasserbedarfs-werten die älteren Klimaszenarien 2011 zugrunde liegen. Da viele andere Faktoren ebenfalls eine Unsicherheit aufweisen, wird die Genauigkeit als genügend erachtet.

Die speziellen Bedingungen im geschützten Anbau werden in Fuhrer und Smith (2015) nicht abgedeckt. Hier wurde in Absprache mit dem Berufsbildungszentrum Natur & Ernährung Luzern (BBZN) eine Abschätzung über die Globalstrahlung gemäss einem Ansatz des Beratungsdienstes Reichenau e.V. vorgenommen.⁶

3.2.2 Betrachtete Szenarien

Die Methode von Fuhrer und Smith (2015) unterscheidet 4 Klimaszenarien, nämlich ein Referenzjahr (Referenz) und je ein mildes (CCmin), starkes (CCmax) und extremes (CCextrem) Szenario für 2060.

Im Rahmen einer Klimawandel-Pilotstudie für den Kanton Basel-Landschaft nahm das NCCS eine Einordnung der verschiedenen Klimaszenarien vor. Diese zeigte, dass das Szenario CCmax im Erwartungsbereich des Szenarios RCP 8.5 (kein Klimaschutz) liegt und zwar bzgl. Niederschlag am unteren Rand und bezüglich Temperatur in der oberen Hälfte. Es repräsentiert damit also ein realistisches Klimawandelszenario ohne globalen Klimaschutz.

Das Szenario «CCextrem» wurde nicht mit Klimamodellen berechnet, sondern als Kombination aus den Jahren 2003 (warm-trockener Sommer) und 2011 (trockener Frühling) abgeleitet und zeigt einen aus heutiger Sicht pessimistischen Worstcase.

Für den vorliegenden Bericht werden folgende drei Szenarien betrachtet:

- Referenz: Kulturen gemäss LAWIS 2021 mit Wasserbedarf gemäss Referenzzustand. Dies zeigt den heutigen theoretischen Wasserbedarf für mittlere Jahre und den Fall, dass überall gemäss den beschriebenen Spezifikationen bewässert wird.
- Zukunft 1: Kulturen gemäss Referenzzustand (LAWIS 2021) aber mit Wasserbedarf gemäss CCmax-Szenario (entspricht ungefähr RCP8.5 im Zeitraum 2060) und verbesserten Effizienzwerten. Dies zeigt den mittleren zukünftigen Wasserbedarf mit veränderten klimatischen Bedingungen für den heutigen Kulturmix.
- Zukunft 2: Kulturen gemäss «Offensive Spezialkulturen» mit Wasserbedarf gemäss CCmax-Szenario (entspricht ungefähr RCP8.5 im Zeitraum 2060) und verbesserten Effizienzwerten. Dies zeigt den zukünftigen Wasserbedarf mit veränderten klimatischen Bedingungen sowie für einen zukünftigen Kulturmix.

6 Quelle: Tropf-Bewässerung von Tomaten in Bodenkultur bei einer Pflanzung im April, Ulrike Schmidt, Beratungsdienst Reichenau e.V.

Von den 11 in Fuhrer und Smith unterschiedenen Referenzstandorten liegen Bern-Zollikofen (BER) und Zürich-Reckenholz (REH) am nächsten. Aufgrund der ähnlichen klimatischen Bedingungen werden die Wasserbedarfswerte der Station Zürich-Reckenholz verwendet.

3.2.3 Festlegung Kulturgruppen und Spezifikationen

Die Wasserbedarfswerte von Fuhrer und Smith (2015) liegen für 12 verschiedene Leitkulturen vor. Für die vorliegende Studie wurden die im Kanton Luzern angebauten landwirtschaftlichen Kulturen zu Kulturgruppen zusammengefasst. Neben biologischen Aspekten wurde für die Zuteilung auch der Wasserbedarf berücksichtigt, weil für die gesamte Kulturgruppe die Leitkultur und weitere Annahmen zum Wasserbedarf einheitlich eingesetzt werden. Es werden die folgenden Kulturgruppen unterschieden.

Bewässerungswürdige Kulturen	Bedingt bewässerungswürdige Kulturen	Nicht bewässerungswürdige Kulturen
Gemüse Freiland	Kartoffeln	Mais
Gemüse Gewächshaus	Rüben	Getreide
Beeren	Reben	Wiesen
Kernobst		Weiden
Steinobst		

Tabelle 3: Übersicht Kulturgruppen

Die Bewässerungswürdigkeit der Kulturen wurde gemäss Praxis im Kanton Luzern beurteilt. Diese richtet sich nach der Wertschöpfung der Kulturen und berücksichtigt die eingeschränkte Wasserverfügbarkeit. Die mittlere Kategorie «Bedingt bewässerungswürdige Kulturen» bezeichnet Kulturen, die nur in gewissen Situationen als bewässerungswürdig gelten, siehe Tabelle 4.

Die Wasserbedarfswerte sind jeweils auf eine Bewässerungseffizienz von 100% bezogen, die in der Praxis nicht erreichbar ist. Es muss deshalb eine passende Bewässerungseffizienz angenommen werden. Je nachdem welche Bewässerungstechnik eingesetzt wird, reicht die Effizienz von 20% (Oberflächenbewässerung) bis 90% (Mikrobewässerung). Tabelle 4 zeigt die in der vorliegenden Studie angenommene Effizienz.

Die Wasserbedarfswerte liegen für 3 Bodenarten (Bodentyp BT1 Braunerde tiefgründig, BT2 Parabraunerde tiefgründig, BT3 Kalkbraunerde mässig tiefgründig) sowie je nach Kultur für 1-3 Durchwurzelungstiefen (30, 60 und 110 cm) vor. In einer Pilotstudie für den Kanton Basel-Landschaft wurde zudem ein 4. Bodentyp für wassergesättigte Böden (kein Bewässerungsbedarf) definiert. Da die Bodenkarte des Kantons Luzern unvollständig ist, ist keine parzellenscharfe Zuordnung des Bodentyps möglich.

Basierend auf den vorhandenen Bodendaten und auf Einschätzungen bezüglich der Eignung der Bodentypen für den Anbau wurde für die betrachteten Kulturgruppen folgende pauschale Verteilung angenommen:

— 25% Bodentyp 1 (Braunerde tiefgründig)

— 25% Bodentyp 2 (Parabraunerde tiefgründig)

— 50% Bodentyp 3 (Kalkbraunerde mässig tiefgründig)

Tabelle 4 fasst die gewählten Leitkulturen und weitere Spezifikationen pro Kulturgruppe zusammen.

Kulturgruppe	Leitkultur (Wasserbedarfswerte)	Kommentare
Bewässerungswürdige Kulturen		
Gemüse Freiland	Mischrechnung für Erstkultur März bis Juli: Zwiebel 30cm Durchwurzelungstiefe 75% Zwiebel 30cm Durchwurzelungstiefe 25% Als zweite Kultur ab August: Randen Lager 60cm Durchwurzelungstiefe	Angenommene Bewässerungseffizienz: Referenz 50%, Zukunft 60% (Hintergrund: Einziehen von Bewässerungsschläuchen direkt in Damm o.ä. nur bedingt möglich wegen Kulturführung (z.B. Hacken), Kosteneffizienz, etc.)
Gemüse Gewächshaus	Keine Werte von Fuhrer&Smith, Ermittlung des Wasserbedarfs mit Hilfe der Strahlungssumme für Tomaten als Leitkultur ⁷	Angenommene Bewässerungseffizienz: 90% Begründung Wahl Tomate als Leitkultur: Im Gewächshaus werden wasserintensivere Kulturen angebaut (Kosteneffizienz und enorme Qualitätssteigerung gegenüber Freiland). Vergleichbar mit Gurke, Peperoni, ähnlich Aubergine, weitere.
Beeren	Mischrechnung mit 30% (Referenz) resp. 50% (Zukunft) Freiland und 70% resp. 50% Substratanbau. Leitkultur: Erdbeere 30cm Durchwurzelungstiefe (für Substrat eigene Annahmen mit erhöhten Werten im Spätsommer)	Angenommene Bewässerungseffizienz: 85% (Freiland 80%, Substrat 90%) Angenommene Durchwurzelungstiefe für die verschiedenen Beerenarten 30 cm, Ausnahmen wären z.B. Heidelbeere mit 40-60 cm. Da Flächenanteil unbekannt, vernachlässigbar.
Kernobst	Apfel 110cm Durchwurzelungstiefe	Angenommene Bewässerungseffizienz: 90%
Steinobst	Mischrechnung: Kirsche 110cm Durchwurzelungstiefe 75% Zwetschge 110cm Durchwurzelungstiefe 25%	Angenommene Bewässerungseffizienz: 90%
Bedingt bewässerungswürdige Kulturen (nur in Ausnahmefällen)		
Kartoffeln	Kartoffel 60cm Durchwurzelungstiefe	Angenommene Bewässerungseffizienz: 65% I.d.R. nicht bewässerungswürdig. Ausnahmen bei ausreichendem Wasserdargebot (Standort-eignung), gegenüber Zuckerrüben zu priorisieren
Rüben	Zuckerrübe 110cm Durchwurzelungstiefe	Angenommene Bewässerungseffizienz: Referenz 50%, Zukunft 60% (angewendete Methode: flächige Berechnung) I.d.R. nicht bewässerungswürdig.
Reben	Rebe 110cm Durchwurzelungstiefe	Angenommene Bewässerungseffizienz: 50% i.d.R. kein Bewässerungsbedarf, Jungpflanzen benötigen Wasser

Tabelle 4: Berücksichtigte Kulturgruppen und wichtigste Spezifikationen (Annahmen in Absprache mit BBZN)

Tabelle 5 zeigt die für den vorliegenden Bericht verwendeten Kulturflächen pro Einzugsgebiet für die Referenz. Diese basieren auf der Zuordnung der

7 Strahlungssumme: Globalstrahlung Station Zürich-Reckenholz, mit langjährigem Mittelwert 1981-2000 für die Referenz und Monatsmittelwerte Jahr 2022 für die Zukunft (Annahme, dass zukünftig 2022 einem mittleren Jahr entspricht)

Lawis⁸-Kulturen zu den Kulturgruppen und den Lawis-Daten für das Jahr 2021. Für das Zukunftsszenario 2 wurden durch das BBZN anhand der Grundlagen aus dem Vorhaben «Offensive Spezialkulturen» folgende Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der Kulturflächen getroffen:

- Für Gemüse wird sowohl im Freiland als auch im geschützten Anbau mit einer leichten Flächenzunahme gerechnet. Der Markt hat Bedarf nach leicht höheren Mengen an regionalem und/oder Bio-Gemüse. Geeignete Flächen sind genügend vorhanden.
- Bei den Beeren wird mit einer geringen Flächenzunahme um ca. 5% in allen Einzugsgebieten gerechnet. Der Markt für regionale und nationale Beeren (auch im Biobereich) ist heute praktisch gesättigt. Die Flächenerträge könnten in Zukunft mit einer Verschiebung von Freiland- zu Substratanbau noch leicht steigen.
- Beim Obst wird mit einer Flächenzunahme um ca. 10% gerechnet. Der Markt hat Bedarf nach leicht höheren Mengen an regionalem und/oder Bio-Obst. Geeignete Flächen sind genügend vorhanden.
- Wegen dem Trend hin zu pflanzlicher Ernährung sowie der verbesserten Anbaueignung aufgrund der Klimaveränderung in Regionen wie dem Entlebuch wird für Kartoffeln eine Flächenzunahme um ca. 10% und für Mais um ca. 5% angenommen.
- Bei den Rüben wird mit einer leichten Abnahme um 10% gerechnet. Gründe sind der sinkende Zuckergehalt, die hohe Bodenbelastung, Herausforderungen im Bereich Pflanzenschutz sowie der in der Schweiz vergleichsweise hohe Aufwand für Logistik.
- Bei den Reben wird mit einem Wachstum analog zu den letzten 10 Jahren gerechnet. Durch den Einfluss des Klimawandels verbessern sich die Anbaubedingungen.
- Bei der Gruppe «Übrige» sind u.a. verschiedene Ölsaaten enthalten, für welche eine Zunahme erwartet wird.
- Der Flächenbedarf für die oben beschriebenen Zunahmen geht je hälftig zulasten von Wiesen und Weiden.

8 LAWIS: ist die zentrale Webapplikation für die Datenerfassung und die Administration der relevanten Daten eines Landwirtschaftsbetriebes.

Nr Kulturgruppe	Referenz						Zukunft (Offensive Spezialkulturen)					
	Total LU	Baldeg- gersee	Sempa- chersee	Wigger	Reuss	Kleine Emme	Total LU	Baldeg- gersee	Sema- chersee	Wigger	Reuss	Kleine Emme
1 Gemüse F	195	30	25	76	36	29	210	30	30	80	40	30
2 Gemüse G	35	2	11	8	7	7	50	5	15	10	10	10
3 Beeren	118	44	18	33	15	7	123	46	19	35	16	8
4 Kernobst	216	87	41	31	56	1	238	95	45	34	62	1
5 Steinobst	62	24	19	8	11	0	68	26	21	9	12	0
6 Kartoffeln	177	58	24	69	17	10	195	63	26	76	19	11
7 Rüben	156	30	27	95	3	1	140	27	24	86	3	1
8 Reben	87	29	15	13	28	2	115	35	30	15	30	5
9 Mais	6'181	1'246	990	2'498	1'031	416	6'223	1'246	990	2'498	1'031	458
10 Getreide	8'788	2'142	1'739	3'587	924	397	9'227	2'249	1'826	3'766	970	417
11 Wiesen	51'452	6'661	5'314	14'600	7'414	17'463	51'072	6'585	5'247	14'479	7'367	17'395
12 Weiden	14'346	314	377	3'587	776	9'292	13'966	237	310	3'466	729	9'224
13 Übrige	1'857	201	167	521	302	666	2'043	221	184	573	332	732

Tabelle 5 Flächen pro Kulturgruppe [ha] in der Referenz (Lawis 2021) und in der Zukunft (abgeleitet aus Grundlagen der Offensive Spezialkulturen)

Tabelle 5 zeigt deutlich, dass die Fläche der Spezialkulturen nur einen kleinen Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmacht, was sich auch mit der Offensive Spezialkulturen nicht ändern wird.

3.3 Abschätzung Wasserbedarf

3.3.1 Gesamtbild

Mit den oben beschriebenen Grundlagen kann der Zusatz-Wasserbedarf berechnet werden. Er ist aufgrund der genutzten Grundlagen und der pragmatischen Annahmen als grobe Schätzung zu verstehen. Die berechneten Zahlen zeigen, wieviel Wasser für ein optimales Wachstum bei mittleren klimatischen Bedingungen eingesetzt werden müsste. In Realität wird im Kanton Luzern gemäss der bisherigen Praxis und mit Berücksichtigung der Wasserverfügbarkeit je nach Kulturgruppe deutlich weniger Wasser für die Bewässerung eingesetzt. Gemüse und Beeren werden bereits heute mehrheitlich bewässert.

Die folgende Tabelle zeigt den berechneten Wasserbedarf für die Referenz und für das Zukunftsszenario 2 (mit Klimawandel und Offensive Spezialkulturen).

Nr Kulturgruppe	Referenz						Zukunft 2 (Klimawandel, Kulturmix)					
	Total LU	Baldeg- gersee	Sempa- chersee	Wigger	Reuss	Kleine Emme	Total LU	Baldeg- gersee	Sema- chersee	Wigger	Reuss	Kleine Emme
1 Gemüse F	544	83	69	211	100	82	663	95	95	253	126	95
2 Gemüse G	410	20	130	96	80	84	712	71	214	142	142	142
3 Beeren	159	59	24	45	21	10	222	83	33	63	29	14
4 Kernobst	75	30	14	11	20	0	175	70	33	25	46	1
5 Steinobst	6	2	2	1	1	0	12	5	4	2	2	0
Summe	1'194	195	238	364	221	176	1'785	324	379	484	345	252
6 Kartoffeln	276	90	37	107	27	15	442	144	59	172	43	24
7 Rüben	222	42	38	136	4	1	319	61	55	195	6	2
8 Reben	0	0	0	0	0	0	6	2	2	1	2	0
Summe	498	132	75	243	31	16	766	206	115	368	51	26

Tabelle 6 Berechneter Wasserbedarf für die Referenz und die Zukunft (mit Klimawandel und Offensive Spezialkulturen) für alle Einzugsgebiete

Die Berechnungen zeigen folgendes Bild:

- Im Referenzszenario beträgt der berechnete Wasserbedarf für die im Kanton Luzern als bewässerungswürdig eingestuftes Kulturgruppen rund 1.2 Mio. Kubikmeter Wasser pro Jahr. Den grössten Wasserbedarf weist das Einzugsgebiet Wigger (EZG3) auf, da sich dort die meisten Anbauflächen von Freilandgemüse, Kartoffeln und Rüben befinden.
- Würden zusätzlich auch die nur als bedingt bewässerungswürdig eingestuftes Kulturgruppen bewässert, so würde sich der Wasserbedarf heute sowie in Zukunft um rund 50% erhöhen.
- Die Reben haben gemäss den Grundlagen von Fuhrer&Smith nur einen marginalen spezifischen Wasserbedarf. Im ersten Standjahr haben Reben gemäss Erfahrungswerten des BBZN aber zum Anwachsen einen zusätzlichen spezifischen Wasserbedarf von ca. 3 mm (=30 m³/ha) im Juni und Juli. Beim erwarteten Zuwachs um 28 ha innerhalb von 10 Jahren, ergibt dies einen zusätzlichen Wasserbedarf von 840 m³, resp. 84 m³/Jahr. Im Vergleich zum Wasserbedarf anderer Kulturen ist dieser vernachlässigbar klein.
- Für das betrachtete Zukunftsszenario liegt der Wasserbedarf um ca. 50% höher. Dazu tragen je etwa zur Hälfte die Auswirkungen des Klimawandels sowie die Veränderung des Kulturmixes mit der Offensive Spezialkulturen bei (siehe dazu Abbildung 32).
- Die berechneten Wasserbedarfswerte stellen langjährige Durchschnittswerte dar. Der tatsächliche Wasserverbrauch variiert je nach Jahr abhängig von den Witterungsbedingungen. Bereits heute können die klimatischen Bedingungen in Trockenjahren wie 2018 oder 2022 den durchschnittlichen zukünftigen klimatischen Bedingungen entsprechen. Analog ist davon auszugehen, dass der Wasserverbrauch in zukünftigen Trockenjahren deutlich über den ausgewiesenen Durchschnittswerten liegen können.

Neben dem Wasserbedarf für die Bewässerung trägt auch die Frostberegnung im Obst-, Wein- und Gemüsebau zum Wasserbedarf der Landwirtschaft bei. Diese wird zur Vermeidung von Spätfrostschäden bei Frost nach Beendigung der Vegetationsruhe eingesetzt und kommt darum abhängig vom Phänologiestadium im März und April bei Kälteeinbrüchen nach dem Winter zum Einsatz. Mit dem Klimawandel wird eine Zunahme solcher Situationen erwartet. Mit einem Einsatz von bis zu 40 m³/ha und Stunde wird kurzfristig eine grosse Wassermenge benötigt. Im Frühling ist die Verfügbarkeit von Wasser aus Gewässern zwar generell unproblematischer. Aber auch für Entnahmen von Wasser für die Frostberegnung eignen sich nur die grösseren Fliessgewässer bzw. die Seen.

3.3.2 Wasserbedarf der Spezialkulturen

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Jahres-Wasserbedarf für die einzelnen Spezialkulturen pro Einzugsgebiet für die Referenz und für die beiden Zukunftsszenarien.

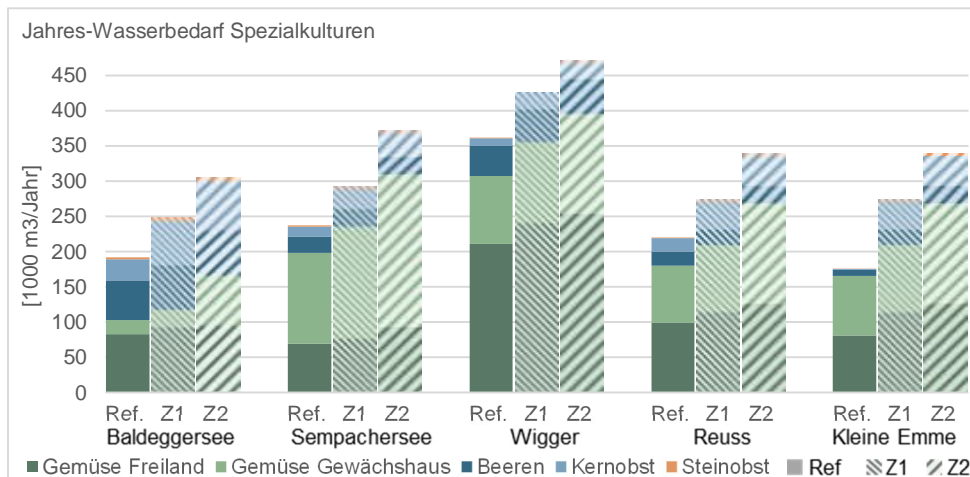


Abbildung 32 Jahres-Wasserbedarf der Spezialkulturen pro Einzugsgebiet für die Referenz und die beiden Zukunftsszenarien (Z1 nur Klimawandel, Z2 Klimawandel und Kulturmix)

Die obige Darstellung zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Einzugsgebieten sowie zwischen den Szenarien:

- Im Seetal (Einzugsgebiet Baldeggersee) machen Beeren und Kernobst etwa die Hälfte des Wasserbedarfs aus. In allen anderen Einzugsgebieten dominiert der Wasserbedarf für Gemüse deutlich. Dabei ist im Einzugsgebiet Sempachersee der Anteil für gedeckten Gemüseanbau besonders gross.
- Der Wasserbedarf für Steinobst ist in allen Einzugsgebieten verschwindend klein. Das ergibt sich vor allem durch die geringe Anbaufläche (dreimal kleiner als beim Kernobst) und den spezifischen Wasserbedarf (viermal kleiner als beim Kernobst).
- Das Zukunftsszenario 1 liegt in allen Einzugsgebieten etwa in der Mitte zwischen dem Referenzzustand und dem Zukunftsszenario 2. Dies bedeutet, dass die Auswirkungen des Klimawandels sowie die Veränderung des Kulturmixes mit der Offensive Spezialkulturen je etwa zur Hälfte zur Zunahme des Wasserbedarfs beitragen.

3.3.3 Saisonaler Verlauf des Wasserbedarfs

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Jahresverlauf des Wasserbedarfs als Monatsmittelwerte für die einzelnen Spezialkulturen sowie summarisch nach Einzugsgebiet.

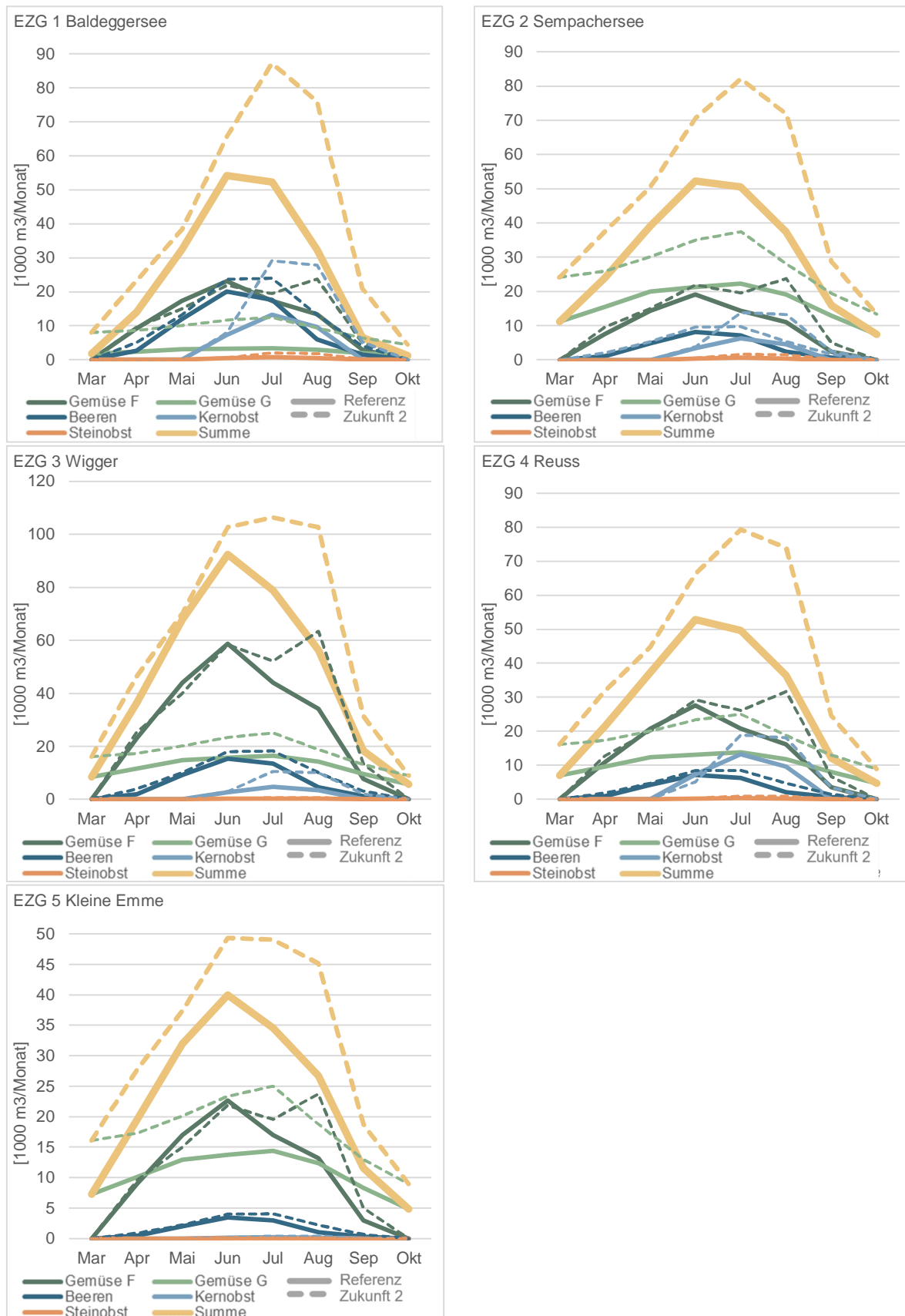


Abbildung 33 Monatlicher Wasserbedarf der Spezialkulturen pro Einzugsgebiet für die Referenz (ausgezogene Linie) und die Zukunft 2 (gestrichelte Linie) (EZG Wigger und EZG Kleine Emme andere y-Skala)

Die obigen Darstellungen zeigen folgendes Bild:

- Der Gesamtwasserbedarf zeigt im Referenzzeitraum in den meisten Einzugsgebieten eine ziemlich gleichmässige, glockenförmige Kurve mit dem höchsten Wasserbedarf jeweils im Juni, je nach Einzugsgebiet und Kulturmix mit ähnlich hohen Werten im Juli. Damit liegt der Peak und der grössere Teil des Wasserbedarfs vor dem Niedrigwasserzeitraum, während welchem in Trockenjahren die Entnahmen aus den Fliessgewässern eingestellt werden müssen.
- Im Zukunftsszenario verschiebt sich der höchste Wasserbedarf auf den Juli, und der markanteste Anstieg gegenüber dem Referenzszenario wird im August erwartet. Dazu tragen insbesondere Gemüse Freiland sowie Kernobst bei, bei welchen sowohl eine Flächenzunahme als auch eine markante Zunahme des spezifischen Wasserbedarfs zusammenspielen. Damit verschiebt sich der Wasserbedarf in eine ungünstige Richtung, weil er vermehrt in den Niedrigwasserzeitraum fällt.
- Denkbar ist, dass die länger werdende Vegetationsphase den Trend für Zweit- und Drittkulturen noch verstärken könnte und den Wasserbedarf im Spätsommer noch stärker erhöhen würde als in den Berechnungen abgebildet.

3.4 Fazit Wasserbedarf Landwirtschaft

Die Analysen zum landwirtschaftlichen Wasserbedarf ergeben zusammenfassend folgendes Bild:

- Das Einzugsgebiet der Wigger hat den grössten absoluten Wasserbedarf für die Landwirtschaft. Bezogen auf die Einzugsgebietsgrösse weisen auch die Einzugsgebiete Baldeggersee und Sempachersee einen vergleichsweise hohen Bedarf auf.
- Im Seetal (Einzugsgebiet Baldeggersee) machen Beeren- und Kernobstkulturen etwa die Hälfte des Wasserbedarfs aus. In allen anderen Einzugsgebieten dominiert der Wasserbedarf für Gemüse deutlich.
- Für das betrachtete Zukunftsszenario liegt der Wasserbedarf in mittleren Jahren um ca. 50% höher als heute. Gemäss den getroffenen Annahmen tragen die Auswirkungen des Klimawandels und die Veränderung des Kulturmixes mit der Offensive Spezialkulturen je etwa zur Hälfte zur Zunahme des Wasserbedarfs bei.
- Der Wasserbedarf der Landwirtschaft hängt stark davon ab, welche Kulturen bewässert werden. Würden zusätzlich auch die nur als bedingt bewässerungswürdig eingestuften Kulturgruppen bewässert, so würde sich der Wasserbedarf heute sowie in Zukunft um rund 50% erhöhen.
- Der Gesamtwasserbedarf zeigt im Referenzzeitraum in den meisten Einzugsgebieten den höchsten Wasserbedarf jeweils im Juni. Damit liegt bei heutigen mittleren Bedingungen der grössere Teil des Wasserbedarfs zeitlich vor dem Niedrigwasserzeitraum.
- Mit den prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels wird der Wasserbedarf vor allem im Spätsommer ansteigen und damit vermehrt in die

Niedrigwassersaison fallen. Diese zukünftigen mittleren Verhältnisse sind bereits heute in Trockenjahren zu beobachten.

- Mit der flächenmässigen Zunahme von Spezialkulturen und ihrem spezifischen Wasserbedarf wird der spätsommerliche Wasserbedarf noch stärker zunehmen.

4. Schlussfolgerungen und Lösungsansätze

Die Analysen zum Wasserdargebot und zum landwirtschaftlichen Wasserbedarf ergeben zusammenfassend folgendes Bild:

- Die Reuss mit ihrem grossen inneralpinen Einzugsgebiet hat die höchsten Abflüsse im Sommerhalbjahr und ist nicht von sommerlicher Trockenheit betroffen. Mit dem Klimawandel wird der Abflussbeitrag mittel bis langfristig durch die sommerliche Gletscherschmelze massiv abnehmen und zu einer deutlichen Reduktion der Abflüsse im Spätsommer (August-September) führen. Damit wird in diesen Monaten auch ein Auftreten von Niedrigwasserphasen möglich. Dank der Einzugsgebietsgrösse und der Speicherwirkung des Vierwaldstättersees dürfte das Wasserdargebot aus der Reuss und dem durch die Reuss alimentierten Grundwasserträger im Vergleich zur Wassernutzung weiterhin gross und zuverlässig sein. Die Vergabe von Bewilligungen und Konzessionen für Wasserentnahmen zu Bewässerungszwecken ist im Reusstal bis zu einem gewissen Grad möglich.
- Schon heute weisen die nördlich gelegenen Mittelland-Einzugsgebiete sowie das Einzugsgebiet der Kleinen Emme in Trockenjahren deutliche Niedrigwasserphasen auf, wo die Wasserführung über längere Zeit unter dem Niedrigwasserabfluss Q347 liegen kann. Bereits heute muss in Trockenjahren die Wasserentnahme aus den Fliessgewässern zunehmend eingestellt werden, weil die Lebensräume für wassergebundene Tiere durch niedrige Abflüsse zusammen mit der Erwärmung der Gewässer zunehmend beeinträchtigt werden. Mit dem Klimawandel werden tiefere mittlere Abflüsse im Spätsommer bis frühen Herbst sowie eine Reduktion der Niedrigwasserabflüsse Q347 erwartet. Zudem werden die sommerlichen Niedrigwasserphasen tendenziell früher einsetzen und häufiger vorkommen. Das Wasserdargebot aus den Oberflächengewässern sinkt also vor allem in den Sommermonaten.
- Die heutige – auf das verfügbare Wasserdargebot ausgerichtete – Bewilligungspraxis bewährt sich und ist in Anbetracht der prognostizierten Entwicklungen fortzusetzen. Vor dem Hintergrund der sinkenden Niedrigwasserabflüsse Q347 ist allerdings zu prüfen, ob der Parameter Q347 auch in Zukunft sowohl für die Erteilung von Entnahmebewilligungen als auch für Entscheide bzgl. Einstellen der Entnahmen dienen soll. Dabei ist zu beachten, dass dieser Parameter in der nationalen Gewässerschutzgesetzgebung verankert ist.
- Die Grundwasservorkommen der Mittelland-Einzugsgebiete sind der Trink- bzw. Brauchwassernutzung vorbehalten. Bereits heute steht kein

Wasserdargebot für weitere Nutzungen wie Bewässerung zur Verfügung, da diese Vorkommen weitgehend über Niederschlag gespiesen werden und bereits heute Mühe bekunden, sich nach Trockenperioden wieder auf die bisherigen Stände zu erholen. Hier muss im Zusammenhang mit dem Klimawandel generell darauf geachtet werden, dass diesen Grundwasservorkommen langfristig nicht mehr Wasser entnommen wird als dem Vorkommen zufließt, damit es nicht zu stetig sinkenden Grundwasserständen mit mengenmässiger Verringerung des Vorkommens kommt.

- Das Beispiel der Kleinen Emme mit erheblichem mittlerem Grundwasseranstieg nach dem Hochwasser im Jahr 2005 zeigt auf, dass vor allem die von Fliessgewässer geprägten Grundwasservorkommen (Luthertal, Wigertal, Tal der Kleinen Emme, Luzerner Reusstal) über erhöhte Flusswasserinfiltrationen ganz erheblich beeinflussbar sind. Gerade Fliessgewässerrevitalisierungen und die damit ermöglichten Umlagerungsprozesse der Gewässersohlen haben positive Auswirkungen auf die Erholung von Grundwasservorkommen nach längeren Trockenperioden und verbessern den Wasserhaushalt im Sinne einer Wasserspeicherung durch erhöhte Alimenterung der Grundwasservorkommen gerade bei Hochwasser.
- Beim landwirtschaftlichen Wasserbedarf wird mit den klimatischen Veränderungen und der prognostizierten leichten Zunahme von Spezialkulturen ein mittlerer Anstieg um 50% erwartet. Der zusätzliche Wasserbedarf entsteht insbesondere in den Spätsommermonaten und fällt damit zeitlich mit den Niedrigwasserphasen zusammen. Die Bewässerung von bisher im Kanton Luzern üblicherweise nicht bewässerten Kulturen wie Rüben und Kartoffeln würden den Wasserbedarf noch weiter erhöhen.

Die heute bekannten Niedrigwassersituationen in Trockenjahren dürften sich zukünftig verschärfen und häufiger auftreten. Das Konfliktpotenzial zwischen Gewässerschutz und Wassernutzung im Allgemeinen sowie der Wassernutzung der Landwirtschaft im Speziellen wird sich verschärfen und erfordert die Suche nach Lösungen.

Für die Förderung einer nachhaltigen Versorgung der Landwirtschaft mit Bewässerungswasser konnten für den Kanton Luzern verschiedene Handlungsoptionen identifiziert werden, sowohl auf Seite der Wasserwirtschaft als auch der Landwirtschaft. Die folgende Tabelle zeigt die Möglichkeiten gegliedert nach verschiedenen Akteuren.

Akteur	Handlungsmöglichkeiten
Wasserwirtschaftsbehörden	<p>1) Fortführung bewährte Wassernutzungs politik: Die heutige auf das verfügbare Wasserdargebot ausgerichtete Bewilligungspraxis hat sich bewährt und soll grundsätzlich weitergeführt werden. Dies bedeutet:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Die Grundwasservorkommen der Mittelland-Einzugsgebiete sind der Trink- bzw. Brauchwassernutzung vorbehalten. Zulassungen von Grundwasserentnahmen zu Bewässerungszwecken werden keine erteilt. Auch im Reusstal und im Einzugsgebiet der Kleinen Emme hat die Trink- bzw. Brauchwassernutzung oberste Priorität. — Mit Zulassungen für Wasserentnahmen dürfen die natürlichen Funktionen der Gewässer in ohnehin belastenden Stressperioden wie sommerlichen Hitzetagen nicht zusätzlich geschmälert werden. In ausgeprägten Trockenperioden wird das Nutzungsrecht widerrufen. — Zulassungen für Wasserentnahmen werden nur an Körperschaften erteilt, welche die Verteilung des Wassers unter Einhaltung der Auflagen gewährleisten. Für ein zusammenhängendes Gebiet wird nur eine Konzession erteilt, um das Ausmass an Installationen und Anlagen zu beschränken. — Zulassungen für Wasserentnahmen werden auf Spezialkulturen bzw. bewässerungswürdige Kulturen beschränkt und es werden wassersparende Bewässerungstechniken und ein haushalterischer Umgang vorausgesetzt. Wo zweckmässig werden ergänzend zu Entnahmen aus Gewässern auch Alternativen wie Speicherung von Dachwasser oder Nutzung von Quellüberläufen vorgegeben. — Entnahmen aus Seen dürfen insbesondere dem Zweck der Schutzverordnungen nicht entgegenstehen. <p>2) Anpassungen Wassernutzungs politik: Unter Wahrung der bisherigen Grundhaltung sind verschiedene Neuerungen resp. der Bedarf dazu zu prüfen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Die Niedrigwasserabflüsse Q347 stellen eine wichtige Richtgrösse sowohl für die Erteilung von Entnahmebewilligungen als auch für Entscheide bzgl. Einstellen der Entnahmen dar. Wo die Niedrigwasserabflüsse Q347 abnehmen, ist zu prüfen, wie mit dieser Richtgrösse zukünftig umgegangen werden muss. Dabei ist zu beachten, dass dieser Parameter in der nationalen Gewässerschutzgesetzgebung verankert ist. — Die Vergabe von Bewilligungen und Konzessionen für Wasserentnahmen zur Bewässerung aus dem Grundwasservorkommen Reusstal soll ermöglicht werden. Dazu sind die Rahmenbedingungen durch den Kanton zu klären. <p>3) Förderung Wasserrückhalt: Verschiedene Bestrebungen der Siedlungsentwässerung und des Wasserbaus bezwecken die Wiederherstellung eines naturnahen Wasserkreislaufs und die Reaktivierung von natürlichen Speichern. Diese sollen weiter gefördert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Gewässerrevitalisierungen sollen im Hinblick auf eine Verbesserung der natürlichen Grundwasseranreicherung insbesondere an Wigger, Luther, Kleine Emme, Suhre, Aabach, Wyna und ihren Nebengewässern gefördert und umgesetzt werden. — Die Bemühungen zum Erhalt bzw. zur Wiederherstellung des natürlichen Wasserkreislaufs durch vermehrtes Versickern sowie durch lokale Retention und Speicherung von Regenwasser im Siedlungsgebiet zur Bewässerung und zur Nutzung als Brauchwasser sollen verstärkt werden (vgl. Massnahme KA-WW9 Planungsbericht Klima + Energie 2021 Kt. LU). — Im ländlichen Raum tragen Wasserrückhalteflächen und Ausuferungsflächen für seltene Hochwasser zur Dämpfung von Abflussspitzen und zur Alimentierung von Grundwasservorkommen bei. <p>4) Überprüfung Seeregulierung: Abklären, ob mit der Seeregulierung das Dargebot an Wasser vom See und aus dem Seeabfluss gesteigert werden kann und mit anderen Interessen vereinbar ist (v.a. Sempachersee und Suhre)</p>
Landwirtschaftsbehörden	<p>5) Erforschung und Vermittlung von Optimierungsmöglichkeiten: Durch angepasste Bewirtschaftung und gezielte Aufwertung kann die Wasserspeicherfähigkeit der Böden erhöht werden. Mit dem Projekt Slow Water sollen verschiedene Ansätze untersucht und daraus Empfehlungen zuhanden der Landwirte abgeleitet werden.</p> <p>6) Hilfestellung lokale Wasserspeicherung: Die Realisierung von Infrastrukturen zur lokalen Wasserspeicherung (Retentionsbecken, Teiche, Tanks, etc.) und zur Wassersammlung (Anpassung der Hofentwässerung) wird durch eine Klärung der Anforderungen und Rahmenbedingungen erleichtert. Bei Bedarf sollen Hilfsmittel zuhanden der Landwirte erarbeitet werden.</p> <p>7) Anpassung des Beratungsangebots: Das Beratungsangebot des Kantons wird auf die Handlungsoptionen der Landwirtschaftsbetriebe ausgerichtet.</p>

Landwirtschafts betriebe	<p>8) Berücksichtigung der Wasserverfügbarkeit: Die Wahl der Kulturen und Sorten berücksichtigt die Verfügbarkeit von Wasser. Wasserintensive Spezialkulturen werden nur angebaut, soweit auch Zugang zu Bewässerungswasser vorgängig ausreichend gesichert ist. Auf wasserintensive Kulturen wird verzichtet, wo kein Wasser verfügbar ist. Wo sinnvoll und möglich werden trockenheitstolerante Sorten gewählt.</p> <p>9) Effiziente Wassernutzung: Die Anbauplanung wird auf möglichst wassersparende und wassereffiziente Anbau- und Bewässerungssysteme ausgerichtet. Z.B. können durch den Anbau von wasserintensiven Spezialkulturen im geschlossenen System die Wasserverluste über Verdunstung und Versickerung verkleinert werden.</p> <p>10) Erhöhung der Wasserspeicherkapazität der Böden: Durch angepasste Bewirtschaftung und gezielte Aufwertung kann die Wasserspeicherkapazität der Böden erhöht werden. Das Projekt Slow Water erprobt dazu verschiedene Ansätze.</p> <p>11) Lokale Wasserspeicherung: Die Wasserverfügbarkeit kann durch lokale Wasserspeicherung (Retentionsbecken, Teiche, Tanks, etc.), Anpassung der Hofentwässerung in Richtung Wassersammlung, sowie Nutzung von Überlaufwasser von Quelfassungen/Laufbrunnen oder Rezirkulation von Wasser (z.B. aus der Gemüseverarbeitung oder Hors-Sol-Kulturen) verbessert werden.</p>
-----------------------------	---

Tabelle 7: Handlungsoptionen verschiedener Akteure

Diese Handlungsoptionen sind als eine erste Auslegeordnung zu verstehen. Sie können beispielsweise im Rahmen von Strategien und Aktionsplänen geprüft und priorisiert werden.